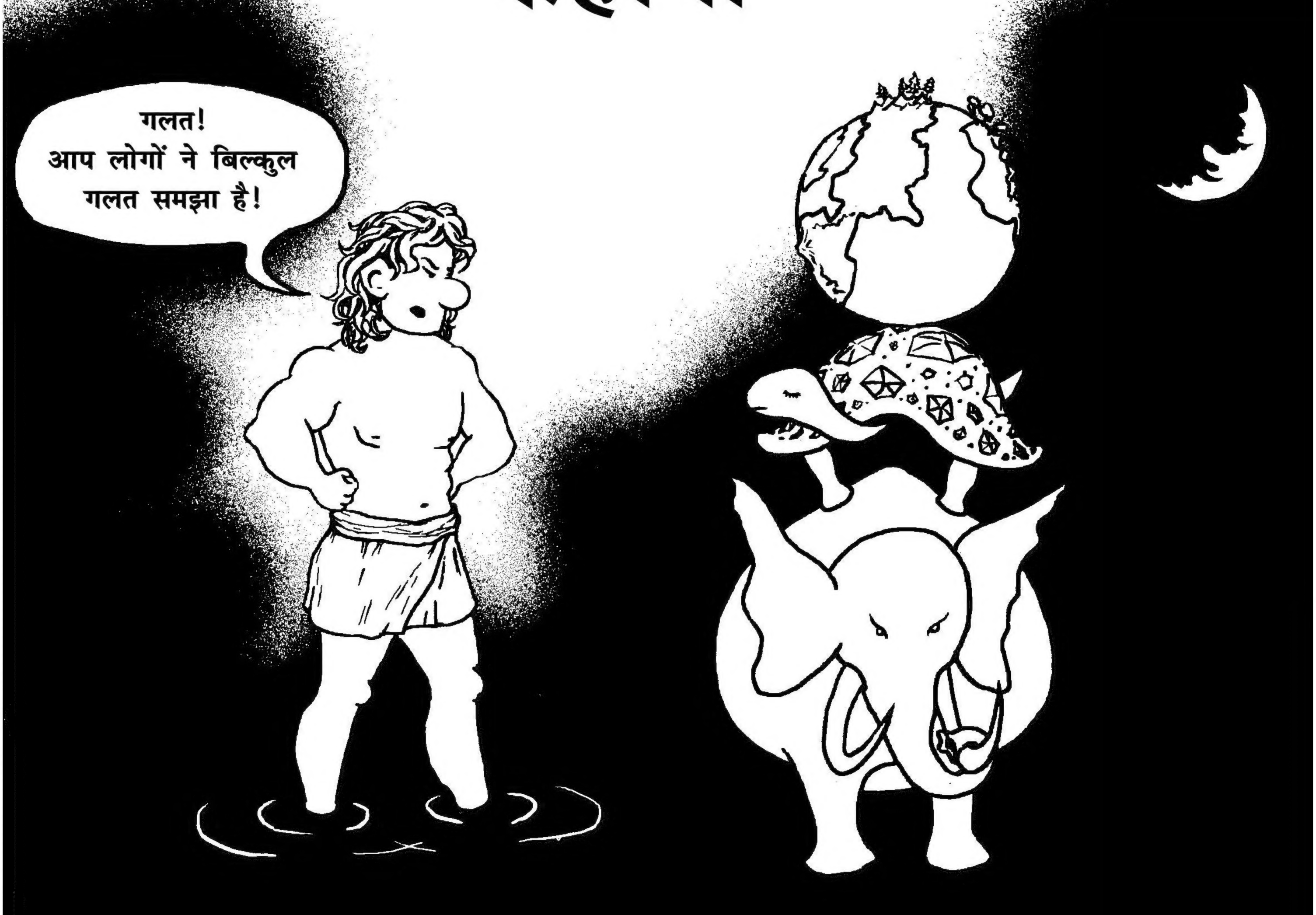
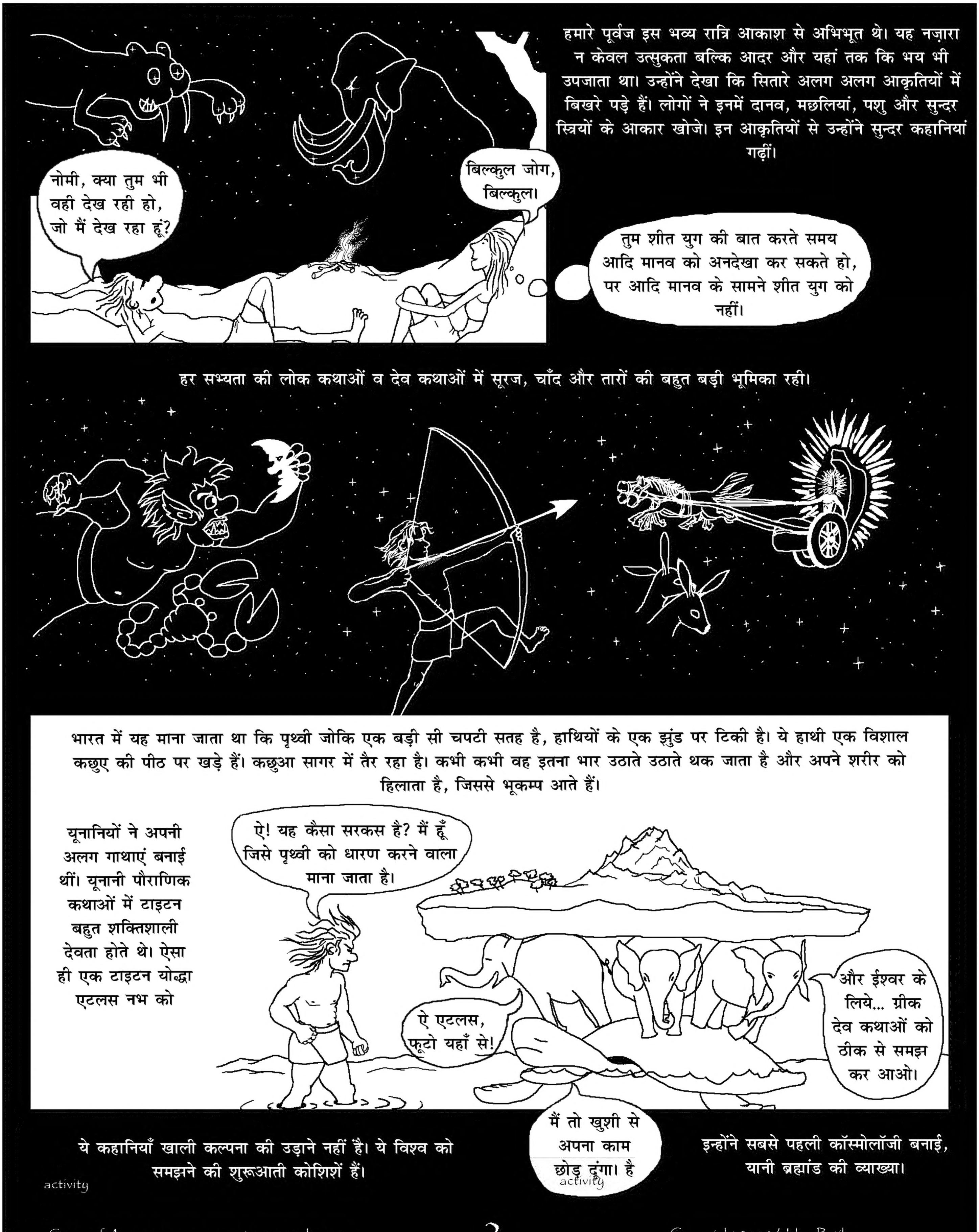
खगोलशास्त्र की कहानी

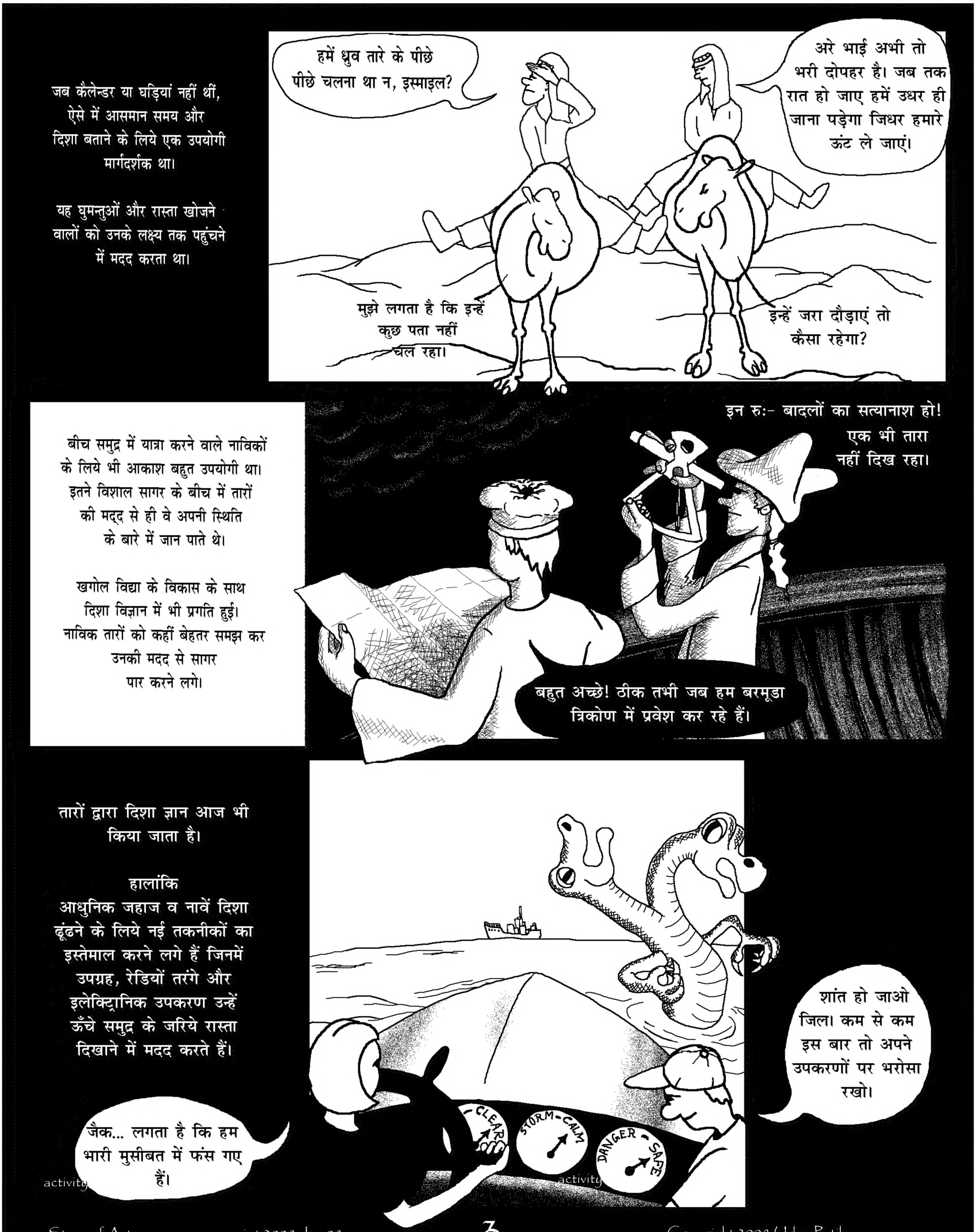


लेखक और चित्रकार:
उदय पाटिल

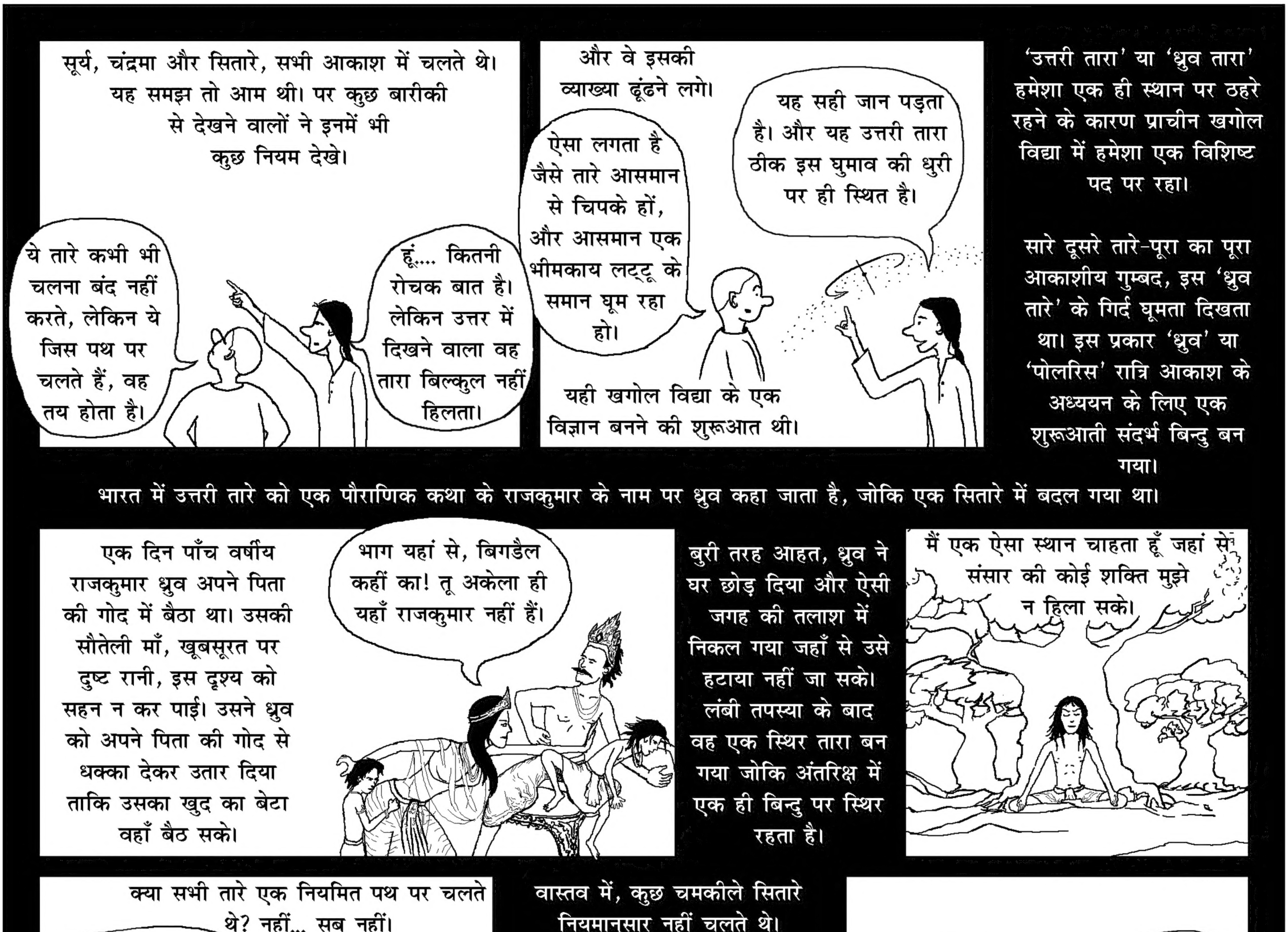
वाह! मैंने पूरी जिन्दगी में इससे ज्यादा सुन्दर दृश्य नहीं देखा। सोचकर हैरानी होती है, किसने इन तारों को ऊपर जड़ा होगा?
काश मैं इन्हें अपने हाथों में पकड़ सकती।
रात्रि आकाश हमेशा ही गहरी उत्सुकता जगाता रहा। हमारे पूर्वज सितारों के सौन्दर्य से सदा ही अभिभूत रहे। कोई भी इन तारों को न छू सकता था, न महसूस कर सकता था। शायद यही इनके रहस्य को और भी गहरा देता था।
एक चीज तो तय है कि रात्रि आकाश १०,००० साल पहले भी बिल्कुल वैसा ही दिखता था जैसा आज दिखता है। लेकिन आज हम जो कुछ सितारों के बारे में जानते हैं वह हमारे पुरखों की जानकारी से बहुत अलग है। ऊपर से हमारे खगोल ज्ञान ने आकाश को कहीं ज्यादा हैरतअंगेज बना दिया है।।
काश मैं कुछ तारे तोड़ कर रात में अपनी गुफा में उजाला कर सकता।
इसने शानदार लुंगी लपेट रखी है। पता नही किस खाल की बनी है।
मालूम है एक इकलौता तारा लाखों पर्वतों के बराबर होता है।
असल में उससे भी कहीं कहीं ज्यादा बड़ा!
हमारा आज का ज्ञान भी रातों रात नहीं हासिल हुआ है। इसे विकसित होने में कई हजार वर्ष लग गए।
तुम्हारे कहने का मतलब है मैं बिल्कुल गलत था?
बुरा न मानो। हम सब ही ऐसा महसूस करते हैं।
काश मैं १००० साल बाद पैदा हुआ होता।
तब हमारे लिये पृथ्वी के आकार का पता कौन लगाता?
लो, मैंने अपना काम कर दिया। इसे बदलो और आगे बढ़ाओ।
Astro-nomy
मैं भरसक कोशिश करूंगा... अवश्य ही।
गुरुत्व बल आखिर है क्या?
मुझे लगता है कि खगोलीय पिंड जल्दी ही मुक्त होकर गिरने वाले हैं।
4000 2000 1000 ← BC AD → 1000 1500 1700 1900 2000
यह कहानी उस लम्बी और निष्ठापूर्ण खोज के बारे में है जिसने खगोल विज्ञान की सीमाओं का विस्तार किया।
क्या हम ब्रह्मांड के बारे में वह सब कुछ जानते हैं जो जानने योग्य है? असल में नहीं। हर वक्त हम नई-नई खोजें करते जा रहे हैं। और अपने ज्ञान को गहरा कर रहे हैं।
ऐसा हमेशा ही होता आया है - जितना ज्यादा हम जानते जाते हैं, उतना ही ज्यादा जानने के लिए बढ़ता जाता है।


हमारे पूर्वज इस भव्य रात्रि आकाश से अभिभूत थे। यह नज़ारा न केवल उत्सुकता बल्कि आदर और यहां तक कि भय भी उपजाता था। उन्होंने देखा कि सितारे अलग अलग आकृतियों में बिखरे पड़े हैं। लोगों ने इनमें दानव, मछलियां, पशु और सुन्दर स्त्रियों के आकार खोजे। इन आकृतियों से उन्होंने सुन्दर कहानियां गढ़ीं।
नोमी, क्या तुम भी वही देख रही हो, जो मैं देख रहा हूं?
बिल्कुल जोग, बिल्कुल।
तुम शीत युग की बात करते समय आदि मानव को अनदेखा कर सकते हो, पर आदि मानव के सामने शीत युग को नहीं।
हर सभ्यता की लोक कथाओं व देव कथाओं में सूरज, चाँद और तारों की बहुत बड़ी भूमिका रही।
भारत में यह माना जाता था कि पृथ्वी जोकि एक बड़ी सी चपटी सतह है, हाथियों के एक झुंड पर टिकी है। ये हाथी एक विशाल कछुए की पीठ पर खड़े हैं। कछुआ सागर में तैर रहा है। कभी कभी वह इतना भार उठाते उठाते थक जाता है और अपने शरीर को हिलाता है, जिससे भूकम्प आते हैं।
यूनानियों ने अपनी अलग गाथाएं बनाई थीं। यूनानी पौराणिक कथाओं में टाइटन बहुत शक्तिशाली देवता होते थे। ऐसा ही एक टाइटन योद्धा एटलस नभ को
ऐ! यह कैसा सरकस है? मैं हूँ जिसे पृथ्वी को धारण करने वाला माना जाता है।
ऐ एटलस, फूटो यहाँ से!
और ईश्वर के लिये... ग्रीक देव कथाओं को ठीक से समझ कर आओ।
ये कहानियाँ खाली कल्पना की उड़ाने नहीं है। ये विश्व को समझने की शुरूआती कोशिशें हैं।
activity
मैं तो खुशी से अपना काम छोड़ दूंगा। है
activity
इन्होंने सबसे पहली कॉस्मोलॉजी बनाई, यानी ब्रह्मांड की व्याख्या।

Where there are stars, there is a way



Copyright 2008 Uday Patil



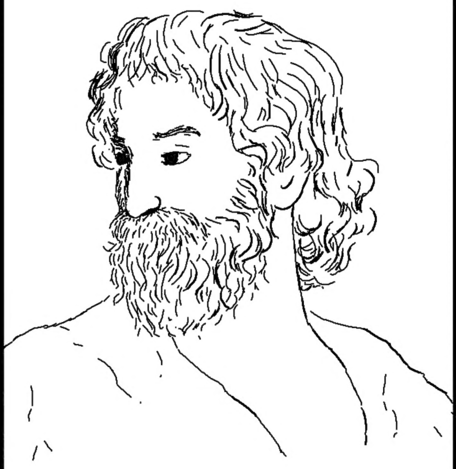
सूर्य, चंद्रमा और सितारे, सभी आकाश में चलते थे। यह समझ तो आम थी। पर कुछ बारीकी से देखने वालों ने इनमें भी कुछ नियम देखे।
ये तारे कभी भी चलना बंद नहीं करते, लेकिन ये जिस पथ पर चलते हैं, वह तय होता है।
हूं.... कितनी रोचक बात है। लेकिन उत्तर में दिखने वाला वह तारा बिल्कुल नहीं हिलता।
और वे इसकी व्याख्या ढूंढने लगे।
ऐसा लगता है जैसे तारे आसमान से चिपके हों, और आसमान एक भीमकाय लट्टू के समान घूम रहा हो।
यह सही जान पड़ता है। और यह उत्तरी तारा ठीक इस घुमाव की धुरी पर ही स्थित है।
यही खगोल विद्या के एक विज्ञान बनने की शुरूआत थी।
'उत्तरी तारा' या 'ध्रुव तारा' हमेशा एक ही स्थान पर ठहरे रहने के कारण प्राचीन खगोल विद्या में हमेशा एक विशिष्ट पद पर रहा।
सारे दूसरे तारे-पूरा का पूरा आकाशीय गुम्बद, इस 'ध्रुव तारे' के गिर्द घूमता दिखता था। इस प्रकार 'ध्रुव' या 'पोलरिस' रात्रि आकाश के अध्ययन के लिए एक शुरूआती संदर्भ बिन्दु बन गया।
भारत में उत्तरी तारे को एक पौराणिक कथा के राजकुमार के नाम पर ध्रुव कहा जाता है, जोकि एक सितारे में बदल गया था।
एक दिन पाँच वर्षीय राजकुमार ध्रुव अपने पिता की गोद में बैठा था। उसकी सौतेली माँ, खूबसूरत पर दुष्ट रानी, इस दृश्य को सहन न कर पाई। उसने ध्रुव को अपने पिता की गोद से धक्का देकर उतार दिया ताकि उसका खुद का बेटा वहाँ बैठ सके।
भाग यहां से, बिगडैल कहीं का! तू अकेला ही यहाँ राजकुमार नहीं हैं।
बुरी तरह आहत, ध्रुव ने घर छोड़ दिया और ऐसी जगह की तलाश में निकल गया जहाँ से उसे हटाया नहीं जा सके। लंबी तपस्या के बाद वह एक स्थिर तारा बन गया जोकि अंतरिक्ष में एक ही बिन्दु पर स्थिर रहता है।
मैं एक ऐसा स्थान चाहता हूँ जहां से संसार की कोई शक्ति मुझे न हिला सके।
क्या सभी तारे एक नियमित पथ पर चलते थे? नहीं... सब नहीं।
ऐ! तुमने मुझसे कहा था कि सभी तारे अपने निश्चित पथ पर ही चलते हैं। पर वो वाला तो भटकता है।
सम्भव है कि वह तारे जैसा दिखता हो पर असल में कुछ और हो?
वास्तव में, कुछ चमकीले सितारे नियमानुसार नहीं चलते थे। यूनानी लोगों ने उन्हें 'प्लैनेट' कहा जिसका अर्थ था 'विचरण करने वाले'। ये घुमन्तू तारे अंतरिक्ष के निश्चित पथों के आरपार विचरते रहते थे।
यही बात सूर्य व चंद्रमा के लिये भी सच थी। वे सितारों के नियमित पथ से चिपके नहीं थे, और अलग विचरण करते थे।
सूर्य और चंद्र भी ग्रह हैं। वे भी विचरते हैं।
क्या सूर्य भी? तुम कैसे कह सकते हो?
ये पाँच सितारा नुमा ग्रह थे। इनके नाम यूनानी देवताओं के नाम पर रखे गये थे।
मरकरी
वीनस
मार्स
जूपिटर
सैटर्न
अरे, हमारा क्या हुआ?
अगर इनमें सूर्य व चंद्र को जोड़ दें तो ग्रहों की संख्या सात हो जाती थी।

सितारे पथ पर काफी तेजी से चलते थे। उनकी गति कुछ मिनटों में ही देखी जा सकती थी। दूसरी ओर अंतरिक्ष के ताने बाने में ग्रहों की गति इसके मुकाबले काफी धीमी थी।
ये ग्रह बिल्कुल घोंघे की तरह चलते हैं। इसके पहले कि मैं इनके बारे में कुछ भी पता कर संकू, मैं कब का मर जाऊँगा।
अगर तुम्हें कोई सुराग भी मिल जाता है तो अपने आप को भाग्यशाली
ग्रहों की गति का पता लगाने के लिये कई कई दिन, अक्सर महीनों तक सावधानी से देखते रहना पड़ता था। इनकी गति का अध्ययन लम्बा और कठिन था।
वीनस भटक गया है, अजीबोगरीब तरह से चल रहा है।
हो सकता है कि इस भटकाव में भी कोई नियम हो
खैर, देखते रहो।
इसके पहले कि अध्ययन से निकले आंकड़ों में से कोई नियम उभरना शुरू हो, सामूहिक प्रयत्न में सदियां बीत गई।
इस कड़ी मेहनत के फलस्वरूप दो तथ्य बिल्कुल स्पष्ट हो गए।
सबसे पहले, ग्रह अनियमित रूप से नहीं चलते। इनकी गति के पीछे एक तारतम्य है। इसका अर्थ है कि इनकी गति का पहले से अनुमान लगाया जा सकता है।
हाँ, बस इतना ही तो पता करना है कि अनुमान लगे कैसे।
दूसरे, अंतरिक्ष में होने वाले बदलावों का पृथ्वी पर असर पड़ता दिखता था।
रा की कसम! देखो वो रहा सिरियस! अब यह हमारी नील में बाढ़ लाएगा।
नट रक्षा करें। कह नहीं सकते कि यह सिरियस की ही कारस्तानी है। लेकिन इन दोनों घटनाओं में कुछ सम्बन्ध तो अवश्य ही है।
* RA-SUN GOD, NUT-SKY GODDESS.
मिस्र में नील नदी में आने वाली वार्षिक बाढ़ से ही जीवन संचालित होता था।
जब भी वे सूर्य से तनिक पहले सिरियस को उदय होते देखते, वे जान जाते कि अब बाढ़ का समय आ गया है-जब नील नदी ऊनने लगेगी।
मिस्र वासियों के खगोल ज्ञान ने उन्हें यह क्षमता दी कि वे सिरियस के दोबारा दिखने के समय की बिल्कुल सही सही गणना कर सकते थे।
0
5
10
15
मैंने इसे बिल्कुल पक्का कर दिया है। उस पिरामिड पर छड़ की छाया हमें ठीक ठीक बताती है कि नील में बाढ़ आने को कितने दिन रह गए हैं।
यह तो बढ़िया है। बहुत बढ़िया! तो चलो देखें...
हे ईश्वर! कुल दस दिन में बाढ़ आने लगेगी।
प्राकृतिक घटनाओं के नियमानुसार पूर्वानुमान के लिये समय को मापने की एक अच्छी पद्धति की आवश्यकता थी। इसने कैलेन्डर को जन्म दिया। अंतरिक्ष के ताने-बाने में सूर्य का एक चक्कर पूरा एक वर्ष बनता था। चंद्रमा की कलाओं की एक पूरी आवृत्ति एक मास बनाती थी।
खेती तथा राज्य का शासन दोनों ही अब योजनाबद्ध तरीके से चलाए जा सकते थे, जैसे कि वे घड़ी से चलते हों।
कल हमें बुवाई खत्म करके वर्षा के लिये तैयारी कर लेनी चाहिये। आज सब जल्दी सो जाओ।
वैसे, हमारी पगार मिलने की तिथि कौन सी है?
सूर्य, चंद्र और तारे समय रखने वाले बन गए। पृथ्वी के चारों ओर उनका दैनिक चक्कर दिन का समय बताता था जबकि तारों के विस्तार के बीच उनका घूमना सालाना समय बताता था।
मैं थका हुआ महसूस करने लगा हूँ।
तो फिर तुम्हें क्या चीज़ चला रही है?
YEAR
MONTH
0

दूसरी ओर रहस्यवादी विचारधारा के लोग भी थे।
कहा नहीं जा सकता कि कल ये ग्रह कहाँ पर मिलेंगे, है न?
इनकी अपनी खुद की इच्छा शक्ति जरूर होगी।
तभी तो वे पृथ्वी के जीवन क्रम पर प्रभाव डालने की शक्ति रखते हैं।
इस प्रकार ज्योतिष का जन्म हुआ। लोग ये मानने लगे कि ग्रह उनके जीवन पर प्रभाव डालते हैं।
ऊँचे तबके इन विश्वासों का फायदा उठाने लगे...
ग्रहण के समय पैदा हुआ?
च्च्च... च्च्च... उसके लिये आगे अंधेरा ही अंधेरा है....
ओह!
... और इसको एक आजीविका का साधन बना लिया गया।
तब तक.... जब तक हम देवताओं को चढ़ावा चढ़ाकर उन्हें शांत न कर दें। हालांकि इसमें तुम्हें खर्च करना पड़ेगा।
इतने बड़े उपकार के लिये तो यह एक छोटी सी ही कीमत है, है न?
वास्तव में कुछ सबूत थे भी जो आकाशीय पिंडों का असर पृथ्वी पर होने वाली घटनाओं पर दर्शाते थे।
आज पूर्णिमा है। खूब ऊँचे ज्वार के चढ़ने के लिये तैयार रहो।
लेकिन ज्योतिषियों ने इस प्रभाव को हद से ज्यादा बढ़ा चढ़ाकर पेश किया।
पृथ्वी पर होने वाली हरेक घटना अंतरिक्ष में होने वाली गतियों से प्रभावित होती है।
हाँ, और केवल हमारे जैसे विशेषज्ञ ही इनके अन्र्तसम्बन्ध को समझ सकते हैं।
ज्योतिष आज भी फल फूल रहा है, खास कर कम विकसित देशों में। भारत में खगोलशास्त्रियों से कहीं ज्यादा संख्या में ज्योतिषी हैं। यहाँ तक कि कई विश्वविद्यालय ज्योतिष शास्त्र में डिग्री कोर्स तक पढ़ाते हैं।
क्या कहा, खगोल विज्ञान? इस विषय में कोई खास भविष्य नहीं है। इसे बजाय तुम ज्योतिष की पढ़ाई के लिये कोशिश क्यों नहीं करते?
KNOW YOU
FUTU
+CAREER ADV

आधुनिक खगोल विद्या का विकास अरस्तु के लेखों से आरम्भ हुआ माना जा सकता है। अरस्तु एक महान यूनानी दार्शनिक था।

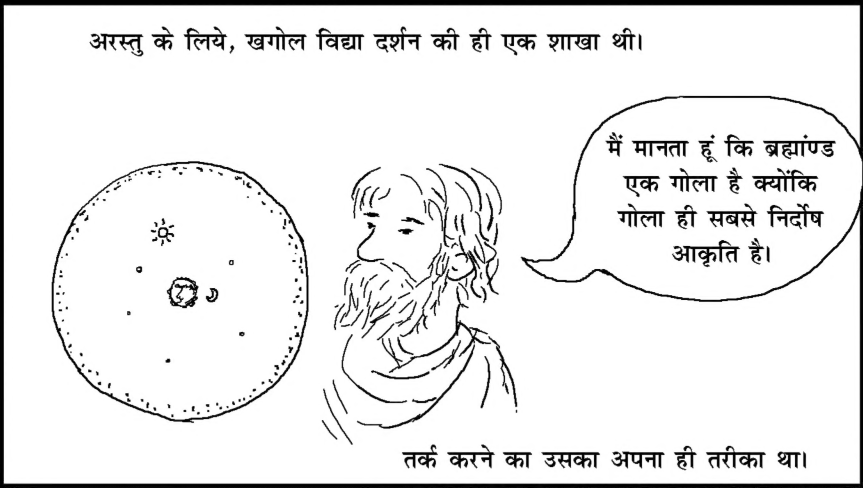
अरस्तु ३८४-३२२ ईसा पूर्व

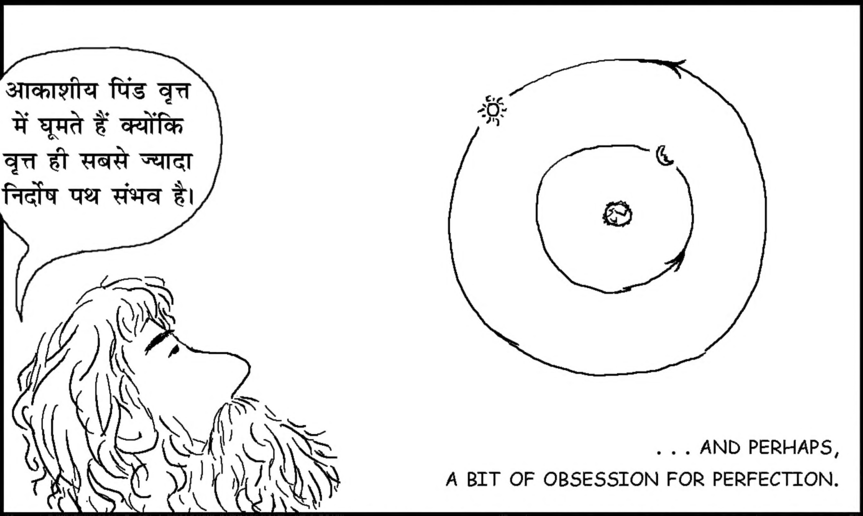


यह यूनानी दार्शनिक पहला व्यक्ति था जिसने दर्शन की एक व्यापक परिभाषा विकसित की। उसके लेख विविध विषयों पर होते थे - राजनीति, नैतिकता, सौन्दर्य बोध, अध्यात्मवाद, तर्क तथा विज्ञान।

उनके विचारों का बहुत सी दार्शनिक व आध्यात्मिक परम्पराओं पर बहुत प्रभाव पड़ा।
अरस्तु का दर्शन आज भी अध्ययन का एक सक्रिय क्षेत्र है।

उन्होंने इतिहास में बहुत से लोगों को प्रभावित किया, जिनमें से सबसे प्रसिद्ध है - उनका शिष्य सिकन्दर महान।





ऐसा माना जाता है कि अरस्तु के विचार एक ही दिमाग से उपजा आज तक का सर्वाधिक प्रभावशाली विचार तंत्र है। उनके दर्शन ने बहुत सी सभ्यताओं के बौद्धिक विकास को दिशा दी।
जैसा बहुत से विषयों में हुआ, खगोलविद्या में भी उनके विचारों का गहरा प्रभाव रहा। गोल और वृत्त आकृतियों की धारणा पर लगभग दो हजार साल तक कोई सवाल नहीं उठाया गया।

यह भी स्पष्ट नहीं है कि खगोलविद्या पर अरस्तु का प्रभाव एक वरदान था या एक बाधा। परन्तु विज्ञान को उनका असली योगदान उनके द्वारा शुरू की गई परम्परा में है। उन्होंने ब्रह्माण्ड के बारे में सवाल किये। उन्होंने उन प्राकृतिक घटनाओं की व्याख्या करने की कोशिश की जिन्हें लोग बिना सोचे स्वीकार कर लेते थे।

विचरण करने वाले ग्रहों के पथ का ठीक ठीक पता लगाने के लिये तारों की आकृतियों के ध्यान पूर्वक नक्शे बनाए गए।
क्या? अपनी जमीन का बंटवारा करने के बाद ये बेवकूफ इन्सान अब आकाश का बंटवारा करना चाहते हैं?
रात्रि आकाश के हर हिस्से को वहां के चमकीले सितारों द्वारा बनाई आकृतियों से पहचाना गया और इन्हें तारामंडल कहा गया।
सितारों की स्थितियों के नक्शे बनाने से ग्रहों के पथ को सूक्ष्मता से मापना संभव हो पाया।
मैं तो इन ग्रहों की चाल का सिर पैर भी नहीं खोज पा रहा हूँ। मुझे तो लगता है जैसे इनपर किसी प्रेतात्मा का साया हो।
मुझे लगता है कि इनके पथ केवल जटिल दीखते हैं। हो सकता है इनकी गति के पीछे कोई सरल सिद्धान्त हो। हमें उन्हें खोजने का प्रयत्न करना चाहिये।
खगोल विज्ञानी कठिन प्रयास में लगे रहे कि किसी तरह वे सरल सिद्धान्त खोजे जा सकें जो ग्रहों की जटिल चाल की व्याख्या कर सकें।
ग्रहों के पथ को समझने के लिये खगोल विज्ञानियों ने गणित का सहारा लिया।
जाहिर है, उन्होंने उसी गणित का प्रयोग किया जिससे वे परिचित थे।
संख्याओं से इन सबको समझा जा सकता है।
नहीं, ज्यामिति से! ब्रह्माण्ड ज्यामिति पर बना है।
खगोलविदों ने ग्रहों के पथ की व्याख्या करने के लिये सरल गणितीय प्रारूपों (मॉडलों) का प्रयोग किया। इसका अर्थ था एक सूत्र के जरिये किसी ग्रह की स्थिति को किसी समय विशेष पर बता पाना।
यदि इस तरह का मॉडल किसी ग्रह की स्थिति को कुछ सौ साल पीछे तक ठीक ठीक बता पाता है तो फिर वह भविष्य में भी उसकी स्थिति को इंगित करने में सफल होना चाहिये।
इन मॉडलों की सफलता (या शुद्धता) इनमें प्रयोग की गई गणित के उन्नत होने पर निर्भर करती थी। मिस्री मॉडल आदिम अंक प्रणाली पर आधारित थे। ये अधिक सफल नहीं रहे।
बेबीलोन वासी अधिक सफल रहे जिसका कारण था उनकी अंकों को दर्शाने की पद्धति। उनकी प्रणाली आधुनिक दशमलव प्रणाली से काफी मिलती थी। १० के बजाय वे ६० को आधार मानकर चलते थे। बेबीलोन सभ्यता की विरासत आज तक झलकती है। एक घंटा आज भी ६० मिनटों में विभाजित किया जाता है और हर मिनट ६० सेकेन्ड में।
देखो, इस मॉडल के अनुसर सूर्य चंद्रमा के पथ को ठीक दिन के बीच में अगले महीने काटेगा।
Planet Maps
तुम जानते हो कि इसका अर्थ क्या है? एक सूर्यग्रहण।
ग्रहों की गति को काफी पहले पूर्वानुमान लगा पाना बहुत मायने रखता था। सूर्य और चंद्र ग्रहण, जो इसके पहले बिल्कुल आकस्मिक घटनाएं मानी जाती थीं, उनकी भविष्यवाणी करना संभव हो गया। धर्म में ग्रहणों का विशेष स्थान था। जाहिर है, धार्मिक गतिविधियां खगोल ज्ञान के साथ गड्ड मड्ड हो गईं।
खगोल विज्ञान के विकास में गणित ने एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाई। दूसरी ओर खगोल विद्या वह चालक शक्ति थी जिसके कारण गणित में बड़ी उन्नति हुई।

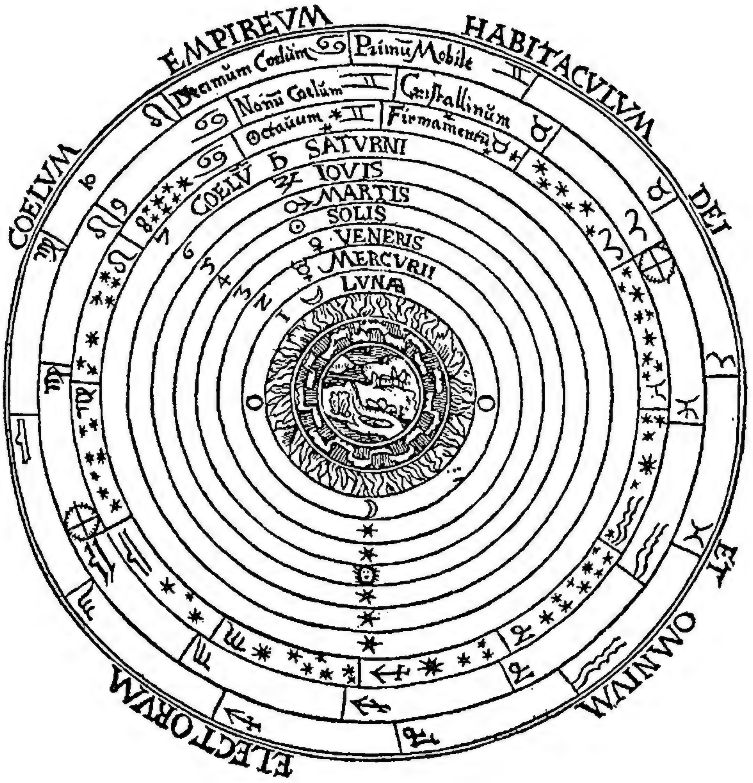
ग्रहों की गति के शुरूआती मॉडल वृत्ताकार थे।
साधारण वृत्त ग्रहों के जटिल पथ की व्याख्या कैसे कर सकते हैं?
क्या यह रोमांचक नहीं है? साधारण गतियों का मिश्रण काफी जटिल हो सकता है।
शुरुआती मॉडल एक के अंदर एक गोलों पर आधारित थे। ये गोले अपनी धुरी पर लट्टू की तरह स्थिर गति से घूमते थे। हरेक गोले की धुरी दूसरे के अंदर स्थित थी।
24 hours
200 years
28 days
Stars
Earth
हर ग्रह की गति का मॉडल बनाने के लिये कई समान केन्द्र वाले गोलों की आवश्यकता पड़ती थी।
फिर एपिसाइकिल आई। इस मॉडल में हर ग्रह एक घूमते हुए चक्के पर स्थित था। इस चक्के का केन्द्र ऐसे ही घूमते हुए एक दूसरे चक्के पर स्थित था (जो आगे भी किसी अन्य घूमते चक्के पर स्थित हो सकता था।)
यह तो अवश्य ही बहुत जटिल पथ को दर्शाएगा।
ऐपिसाइकिल बहुत सुन्दर हैं। पूरी मशीन भले ही जटिल दिखती हो, पर हर चक्का बिल्कुल सरल घूमने वाली गति करता है।
Planet
Earth
एक अन्य अवधारणा उत्केन्द्र (एक्सेंट्रिक) वृत्त की थी। इसने ग्रहों की गति में आने वाले बदलावों की व्याख्या करने में मदद की।
देखो एक नियमित गति से चलने वाला ग्रह जब हमारे करीब होता है तो ज्यादा तेज चलता प्रतीत होता है और जब अपने पथ के दूर वाले हिस्से में होता है तो धीमा चलता हुआ लगता है।
closest
Planet
Earth
center of path
farthest
वृत्त आधारित मॉडलों में इक्वांट बिन्दु सबसे जटिल संरचना थी। यही ग्रहों की गति का मॉडल बनाने में सबसे शक्तिशाली औजार साबित हुई। यह लगभग डेढ़ हजार साल तक प्रयुक्त हुई।
ग्रह एक उत्केन्द्र (एक्सेंट्रिक) वृत्त बनाते हुए परिक्रमा करता है, पर नियमित गति से नहीं। लेकिन इसकी गति अंतरिक्ष में एक विशेष बिन्दु से बिल्कुल नियमित प्रतीत होती है। मैं इस बिन्दु को इक्वांट बिन्दु कहता हूँ।
Planet
Earth
center
equant point
यह तो अत्यधिक उलझा हुआ है। पर चलो, जो भी हमारी मदद कर सके...
एक साथ इन मॉडलों ने मिलकर काफी सफलतापूर्वक ग्रहों की चाल को बताना शुरू कर दिया। गोले और वृत्त अभी भी केवल दिमागी नमूने थे, बजाय असली भौतिक आकृतियों के। फिर भी इन्होंने सरल, पर विशुद्ध मॉडल बनाने में मदद की।
किन्हीं मॉडलों की पूर्वानुमान लगाने की क्षमता ही उनकी सफलता या असफलता निश्चित करता था।
यूनानी खगोलविद टोलेमी पहला था जिसने इन मॉडलों को मिला जुला कर प्रयोग किया। उसने ग्रहों की स्थिति का सही पता लगाने वाले पहले सफल मॉडल का निर्माण किया।

टोलॉमी एक यूनानी खगोलविद था उसका असली नाम क्लॉडियस टोलेमैयस था। उसके व्यक्तिगत जीवन के बारे में ज्यादा जानकारी नहीं है।
भाई, मैं यूनानी हूँ, पर रहता था मिस्र में और मैंने अलमाजेस्ट लिखी।
इससे ज्यादा तुम और क्या जानना चाहते हो?
अलमाजेस्ट उस किताब का लोकप्रिय नाम है जो टोलॉमी ने लिखी थी। उसका ग्रीक भाषा में मूल शीर्षक - मेगैल सिन-टैक्सिस का अर्थ था - गणितीय संग्रह। बाद में इसका अरबी में अनुवाद अल मजिस्ती (या सबसे महान) के नाम से तथा बाद में लातीनी में अलमैजेस्टम के नाम से हुआ।
यह वास्तव में खगोलविद्या का एक अद्भुत ग्रंथ था।
क्लॉडियस टोलॅमेयस ८५-१६५ सदी।
अलमाजेस्ट बहुत बड़ा ग्रंथ था जिसके १३ भाग थे। इसमें १००० तारों तथा आकाश में दिखने वाली विभिन्न घटनाओं का विस्तृत वर्णन था।
Y. PTOLEMY.
ASTRONOMY
Geography
Mat
Almagest V-1
Almagest V-2
Almagest V-3
Almagest V-4
Almagest V-5
Almagest V-6
Almagest V-7
Almagest V-8
Almagest V-9
Almagest V-10
Almagest V-11
Almagest V-12
Almagest V-13
Cartography
MY. PTOLEMY.
सबसे महत्वपूर्ण, यह पिछले खगोलविदों द्वारा इस्तेमाल तकनीकों का संग्रह था और साथ ही ग्रहों की गति का मॉडल बनाने के लिये स्वयं टोलॉमी के किये आविष्कारों का भी।
टोलॉमी अलैक्जैन्ड्रिया, मिस्र में रहता था। वह एक खगोलविद्, गणितज्ञ, भूगोलविद् और कारटोग्राफर था। वह खगोलविद्या पर लिखे गए पहले ग्रंथ का रचियता था जिसे लोग अलमाजेस्ट के नाम से जानते थे।
खगोलविद्या पर किया उसका काम १४०० वर्षो तक सर्वोपरि रहा।
टोलॉमी के काम की सफलता थी उसके बनाए मॉडलों की पूर्वानुमान लगाने की क्षमता।
आश्चर्यजनक! लेकिन ये एपिसाइकिल और इक्वांट बिन्दु मुझे पचाने जरा मुश्किल लगते हैं।
ये एपिसाइकिल और इक्वांट बिन्दु असल में कारगर हैं। इनका इस्तेमाल कर के मैं ग्रहों की चाल का सही पूर्वानुमान लगा सकता हूँ।
लेकिन तब भी समस्याएं थीं।
यदि एपिसाइकिल ग्रहों को पृथ्वी के पास लेकर फिर बहुत दूर ले जाते है; तो फिर हमें ग्रह पहले बड़े होते और फिर बाद में सिकुड़ते हुए क्यों नहीं नजर आते?
तुम कहीं टोलॉमी की तकनीकों को अक्षरक्षः तो नहीं मानते?
Almagest by Ptolemy
यह स्वीकार किया जा चुका था कि एपिसाइकिल, इक्वांट बिन्दु और टॉलमी के मॉडलों की सारी तकनीकें केवल मानसिक संरचनाएं थीं। ये केवल नापी गई गति का नमूना प्रस्तुत करते थे न कि असल भौतिक सच्चाई को।

टोलॅमी की व्याख्या में ब्रह्माण्ड पृथ्वी केन्द्रित था। सूर्य, चन्द्र और तारों समान दिखने वाले ग्रह पृथ्वी के चारों ओर चक्कर काटते थे। वे एपिसाइकिल और इक्वांट बिन्दु की अवधारणा के अनुसार चलते थे। हर ग्रह एक अलग गोलाकार मण्डल में चक्कर काटता था। सबसे बाहरी ग्रह के परे सारे तारे एक घूमते हुए मंडल पर स्थित थे।

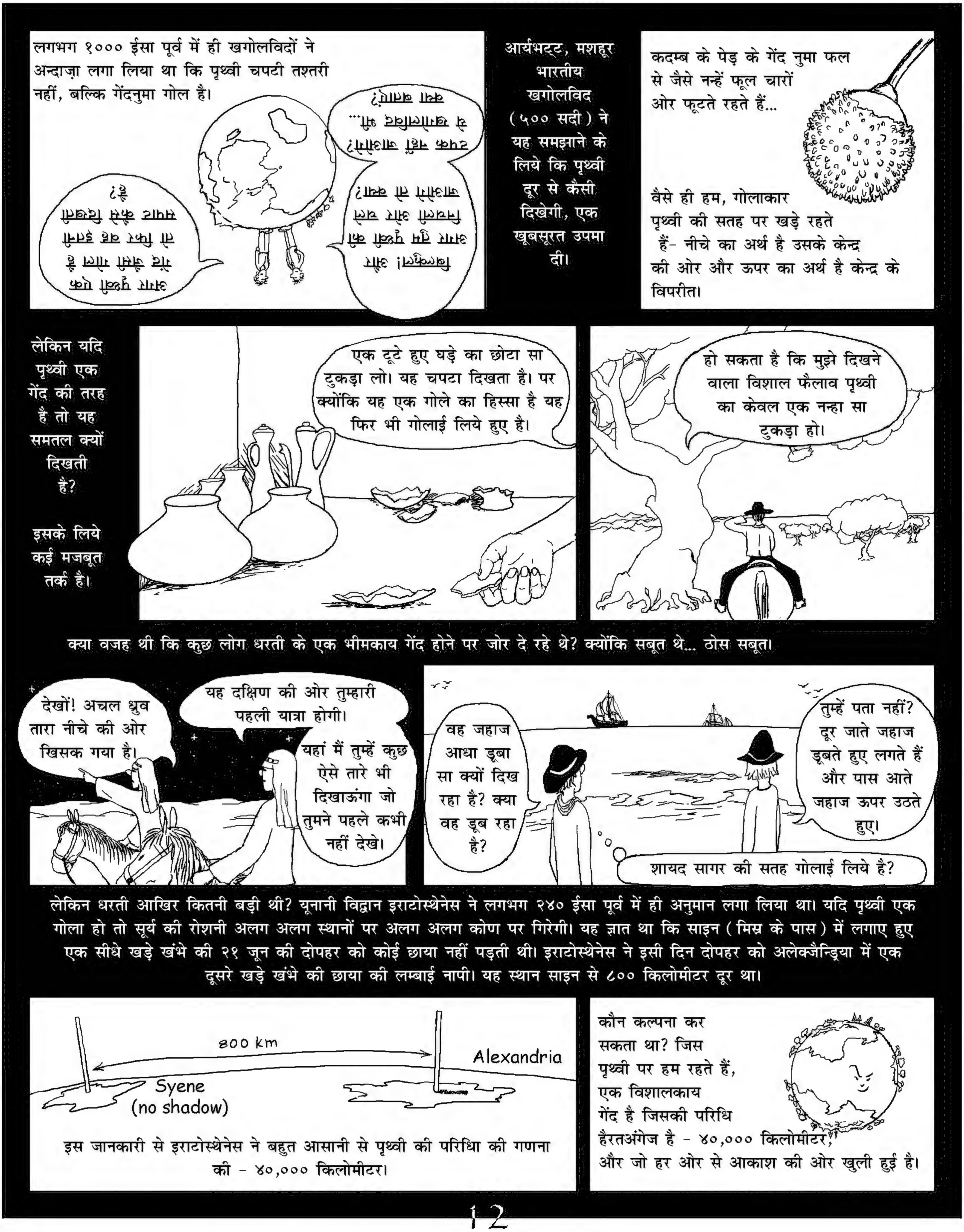
कुछ छोटे-मोटे बदलावों को छोड़कर टोलॅमी के ब्रह्माण्ड का मॉडल ज्यों का त्यों लगभग १४०० साल तक कायम रहा। इन सदियों में एलमाजेस्ट के अनेकों अनुवादों को पूरे विश्व में बाइबिल की तरह पढ़ा जाता रहा। इसे खगोलविद्या के अंतिम ग्रंथ के रूप में आदर दिया जाता रहा।

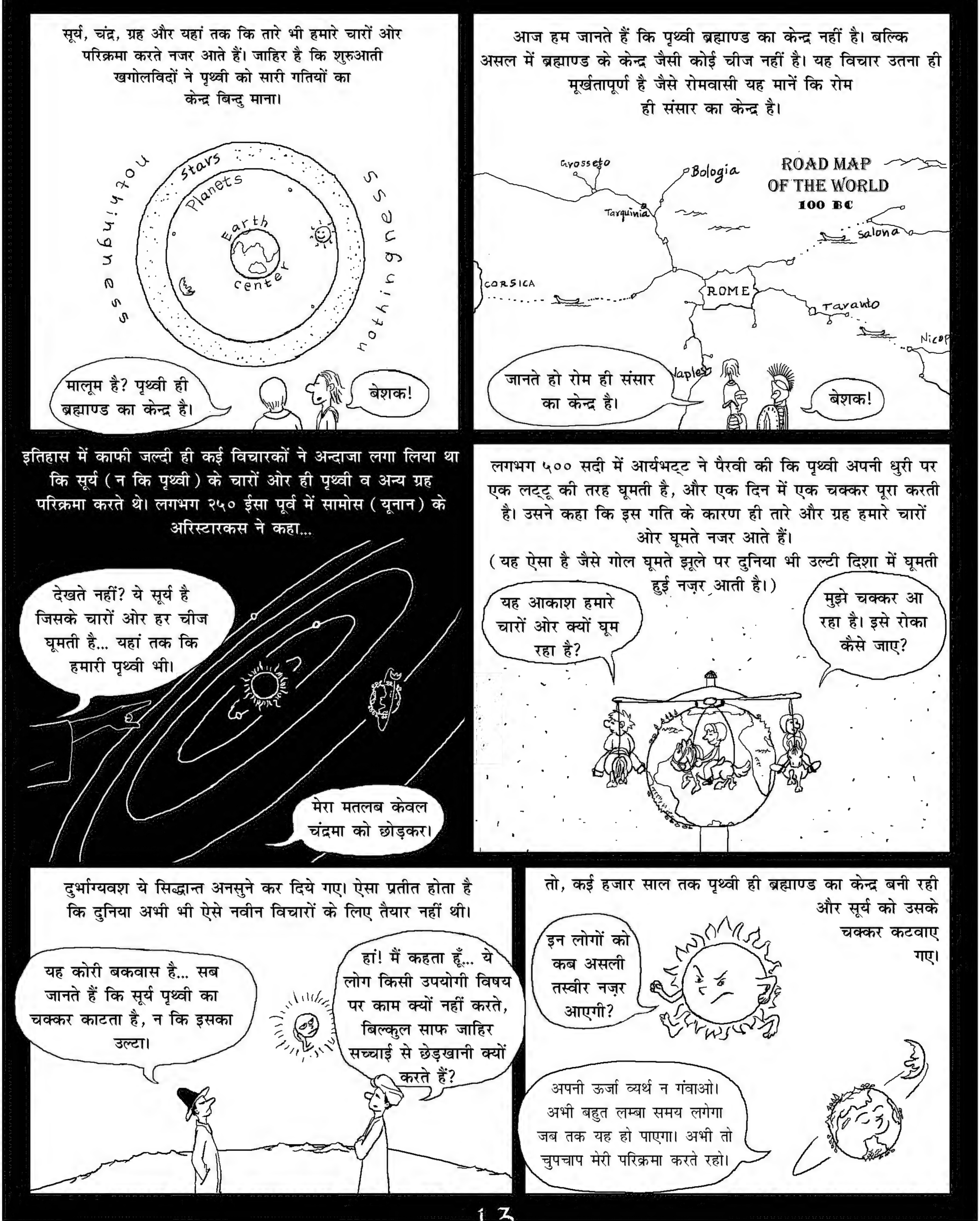
Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum.



हमारे आज के ज्ञान की रोशनी में टोलॅमी की ब्रह्माण्ड की समझ में भारी त्रुटियां थीं। लेकिन उसके समय में (और आगे की सदियों में भी) ब्रह्माण्ड का यही दृष्टिकोण अन्तिम सत्य के रूप में माना जाता रहा।

बहुत से अत्यन्त मेधावी लोगों के सामूहिक प्रयासों से आखिर टोलॅमी के मॉडल को चुनौती दी जा सकी। कॉपरनिकस के साहसिक विचार, कैपलर की दीर्घवृत्ताकार (एलिप्टिकल) कक्षाएं और गैलिलियो द्वारा टेलिस्कोप का आविष्कार आखिर में टोलॅमी के संसार की अवधारणा को गलत ठहरा पाए और खगोलविज्ञान के पिछड़े युग का अन्त हुआ।

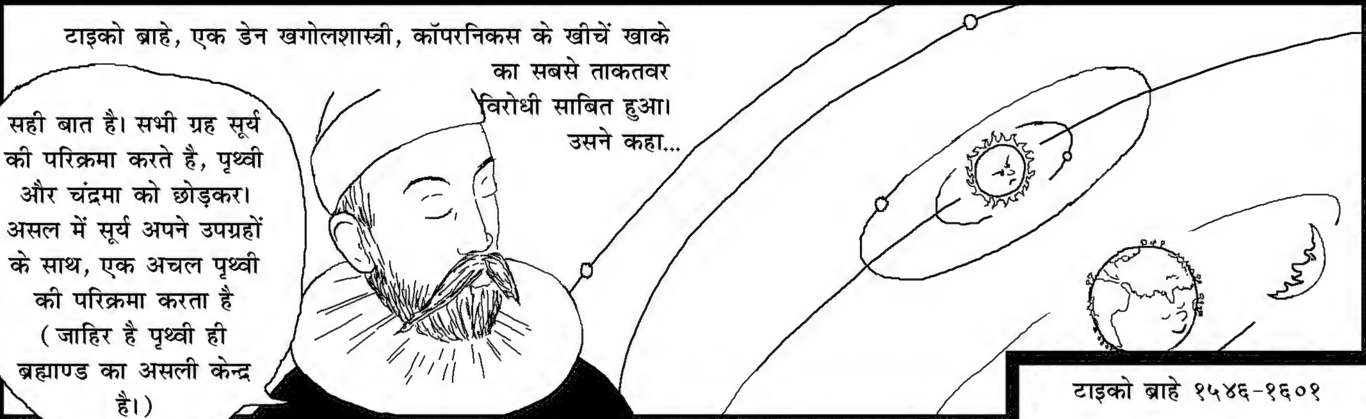

लगभग १००० ईसा पूर्व में ही खगोलविदों ने अन्दाज़ा लगा लिया था कि पृथ्वी चपटी तश्तरी नहीं, बल्कि गेंदनुमा गोल है।
अगर पृथ्वी एक गेंद जैसी गोल है तो फिर वह इतनी सपाट कैसे दिखती है?
बिल्कुल! और अगर तुम पृथ्वी की निचली ओर चले जाओगे तो क्या?
टपक नहीं जाओगे? ये खगोलविद भी... क्या बताएं?
आर्यभट्ट, मशहूर भारतीय खगोलविद (५०० सदी) ने यह समझाने के लिये कि पृथ्वी दूर से कैसी दिखेगी, एक खूबसूरत उपमा दी।
कदम्ब के पेड़ के गेंद नुमा फल से जैसे नन्हें फूल चारों ओर फूटते रहते हैं...
वैसे ही हम, गोलाकार पृथ्वी की सतह पर खड़े रहते हैं- नीचे का अर्थ है उसके केन्द्र की ओर और ऊपर का अर्थ है केन्द्र के विपरीत।
लेकिन यदि पृथ्वी एक गेंद की तरह है तो यह समतल क्यों दिखती है?
इसके लिये कई मजबूत तर्क है।
एक टूटे हुए घड़े का छोटा सा टुकड़ा लो। यह चपटा दिखता है। पर क्योंकि यह एक गोले का हिस्सा है यह फिर भी गोलाई लिये हुए है।
हो सकता है कि मुझे दिखने वाला विशाल फैलाव पृथ्वी का केवल एक नन्हा सा टुकड़ा हो।
क्या वजह थी कि कुछ लोग धरती के एक भीमकाय गेंद होने पर जोर दे रहे थे? क्योंकि सबूत थे... ठोस सबूत।
देखो! अचल ध्रुव तारा नीचे की ओर खिसक गया है।
यह दक्षिण की ओर तुम्हारी पहली यात्रा होगी।
यहां मैं तुम्हें कुछ ऐसे तारे भी दिखाऊंगा जो तुमने पहले कभी नहीं देखे।
वह जहाज आधा डूबा सा क्यों दिख रहा है? क्या वह डूब रहा है?
तुम्हें पता नहीं? दूर जाते जहाज डूबते हुए लगते हैं और पास आते जहाज ऊपर उठते हुए।
शायद सागर की सतह गोलाई लिये है?
लेकिन धरती आखिर कितनी बड़ी थी? यूनानी विद्वान इराटोस्थेनेस ने लगभग २४० ईसा पूर्व में ही अनुमान लगा लिया था। यदि पृथ्वी एक गोला हो तो सूर्य की रोशनी अलग अलग स्थानों पर अलग अलग कोण पर गिरेगी। यह ज्ञात था कि साइन (मिस्र के पास) में लगाए हुए एक सीधे खड़े खंभे की २१ जून की दोपहर को कोई छाया नहीं पड़ती थी। इराटोस्थेनेस ने इसी दिन दोपहर को अलेक्जैन्ड्रिया में एक दूसरे खड़े खंभे की छाया की लम्बाई नापी। यह स्थान साइन से ८०० किलोमीटर दूर था।
800 km
Alexandria
Syene
(no shadow)
इस जानकारी से इराटोस्थेनेस ने बहुत आसानी से पृथ्वी की परिधि की गणना की - ४०,००० किलोमीटर।
कौन कल्पना कर सकता था? जिस पृथ्वी पर हम रहते हैं, एक विशालकाय गेंद है जिसकी परिधि हैरतअंगेज है - ४०,००० किलोमीटर, और जो हर ओर से आकाश की ओर खुली हुई है।



सूर्य, चंद्र, ग्रह और यहां तक कि तारे भी हमारे चारों ओर परिक्रमा करते नजर आते हैं। जाहिर है कि शुरुआती खगोलविदों ने पृथ्वी को सारी गतियों का केन्द्र बिन्दु माना।
Stars
Planets
Earth
center
nothingness
nothingness
मालूम है? पृथ्वी ही ब्रह्माण्ड का केन्द्र है।
बेशक!
आज हम जानते हैं कि पृथ्वी ब्रह्माण्ड का केन्द्र नहीं है। बल्कि असल में ब्रह्माण्ड के केन्द्र जैसी कोई चीज नहीं है। यह विचार उतना ही मूर्खतापूर्ण है जैसे रोमवासी यह मानें कि रोम ही संसार का केन्द्र है।
ROAD MAP OF THE WORLD
100 BC
Grosseto
Bologia
Tarquinia
Salona
CORSICA
ROME
Taranto
जानते हो रोम ही संसार का केन्द्र है।
बेशक!
इतिहास में काफी जल्दी ही कई विचारकों ने अन्दाजा लगा लिया था कि सूर्य (न कि पृथ्वी) के चारों ओर ही पृथ्वी व अन्य ग्रह परिक्रमा करते थे। लगभग २५० ईसा पूर्व में सामोस (यूनान) के अरिस्टारकस ने कहा...
देखते नहीं? ये सूर्य है जिसके चारों ओर हर चीज घूमती है... यहां तक कि हमारी पृथ्वी भी।
मेरा मतलब केवल चंद्रमा को छोड़कर।
लगभग ५०० सदी में आर्यभट्ट ने पैरवी की कि पृथ्वी अपनी धुरी पर एक लट्टू की तरह घूमती है, और एक दिन में एक चक्कर पूरा करती है। उसने कहा कि इस गति के कारण ही तारे और ग्रह हमारे चारों ओर घूमते नजर आते हैं।
(यह ऐसा है जैसे गोल घूमते झूले पर दुनिया भी उल्टी दिशा में घूमती हुई नज़र आती है।)
यह आकाश हमारे चारों ओर क्यों घूम रहा है?
मुझे चक्कर आ रहा है। इसे रोका कैसे जाए?
दुर्भाग्यवश ये सिद्धान्त अनसुने कर दिये गए। ऐसा प्रतीत होता है कि दुनिया अभी भी ऐसे नवीन विचारों के लिए तैयार नहीं थी।
यह कोरी बकवास है... सब जानते हैं कि सूर्य पृथ्वी का चक्कर काटता है, न कि इसका उल्टा।
हां! मैं कहता हूँ... ये लोग किसी उपयोगी विषय पर काम क्यों नहीं करते, बिल्कुल साफ जाहिर सच्चाई से छेड़खानी क्यों करते हैं?
तो, कई हजार साल तक पृथ्वी ही ब्रह्माण्ड का केन्द्र बनी रही और सूर्य को उसके चक्कर कटवाए गए।
इन लोगों को कब असली तस्वीर नज़र आएगी?
अपनी ऊर्जा व्यर्थ न गंवाओ। अभी बहुत लम्बा समय लगेगा जब तक यह हो पाएगा। अभी तो चुपचाप मेरी परिक्रमा करते रहो।

आखिरकार सूर्य को रोकने और पृथ्वी को परिक्रमा चालू कराने का श्रेय निकोलस कॉपरनिकस को जाता है।
उफ... आखिरकार! धन्यवाद निकोलस। मैं अब और ज्यादा देर तक नहीं झेल सकता था।
ऐ, मुझे धक्का मत दो। मुझे चलने के लिये थोड़ा तैयार होना पड़ेगा।
यह कभी न कभी तो होना ही था। चिन्ता न करो, मैं हमेशा तुम्हारे साथ रहूंगा।
निकोलस कॉपरनिक्स १४७३-१५४३
वे पोलैंड में जन्मे थे और एक गणितज्ञ खगोलविद, चिकित्सक, अनुवादक, अर्थशास्त्री, सेनानायक तथा बहुत कुछ और थे। वे पहले व्यक्ति थे जिन्होंने वैज्ञानिक तथ्यों पर आधारित सूर्य केन्द्रित ब्रह्माण्ड व्याख्या पेश की। उनका ग्रन्थ डी रिवोल्यूशनेलिबस ऑरबियम कोलेस्टियम' (आकाशीय पिंडों की परिक्रमा पर) आधुनिक खगोलविज्ञान का वाहक था।
खगोलविज्ञानी मौजूदा मॉडलों से असंतुष्ट थे।
मुझे कभी भी सही नतीजे क्यों नहीं मिलते?
लगता है, हम गलत रास्ते पर चल रहे हैं।
टॉलमी के (सदियाजजें पुराने) मॉडलों में सुधार करने या बदलने की जरूरत थी।
हां। और चंद्रमा के आकार का क्या करें? इस मॉडल के अनुसार पास आने पर वह हमें बहुत बड़ा दिखना चाहिये, पर ऐसा क्यों नहीं होता?
मैं ग्रहों की इस उल्टी (रेट्रोग्रेड) गति से थक चुका हूं।
कृपया कोई हमारी मदद करो...।
इस तरह की त्रुटि स्वीकार नहीं की जा सकती।
ऐपिसाइकिल केवल मॉडल है। असल में ग्रहों के पथ कैसे दिखते होंगे?
शायद हमारी गणित ही कमजोर है।
पुरातन दार्शनिकों ने सूर्य केन्द्रित संसार की केवल एक धुंधली सी तस्वीर की ही कल्पना की थी। इसके विपरीत,
कॉपरनिकस में इतना साहस भी था कि वह अपने समय के प्रमुख सिद्धान्त की चुनौती दे सके, जिस पर कभी सवाल नहीं उठाए गए थे। उन्होंने कहा :
टोलॅमी के मॉडल को और बेहतर नहीं बनाया जा सकता। उसके सिद्धान्तों का आधार ही दोषपूर्ण है।
यदि सूर्य को सारी गति के केन्द्र पर रख दिया जाय तो सब कुछ सरल हो जाता है। सबूतों के अनुसार चलो और पुराने रूढ़ विश्वासों को चुनौती दो।
कॉपरनिकस का सिद्धान्त केवल एक विचार नहीं था, बल्कि नियमों का एक पूरा समूह था। अपनी नई प्रणाली की गणितीय बारीकियों पर काम करते हुए उन्होंने पूरे ३० साल लगाए।
ग्रहों की उल्टी गति एक भ्रम है जो हमारी पृथ्वी के सूर्य की परिक्रमा करने के कारण उपजता है। देखो यह कितना सरल है और तब भी इतना सही।
बुध और शुक्र भी हमारी पृथ्वी की तरह सूर्य की परिक्रमा करते हैं। वह सूर्य के नज़दीक इसलिये रहते हैं क्योंकि उनकी कक्षाएं छोटी हैं।
देखो यह कितना सरल है और तब भी इतना सही।
मुझे तो यह समझ नहीं आता। तुम्हें?
उसके सिद्धान्तों ने ग्रहों की चाल के बहुत से जटिल पक्षों पर से रहस्य का पर्दा उठा दिया। हालांकि उनके समकालीन लोग उनके काम के मूल्य को समझ पाने में असफल रहे।
कॉपरनिकस के विचारों को स्वीकृति मिलने में एक सदी से ज्यादा समय लगा। सूर्य केन्द्रित (हीलियोसेन्ट्रिक) मॉडल पृथ्वी केन्द्रित मॉडल से एक क्रान्तिकारी बदलाव था। खगोलविज्ञान आखिरकार अपने पिछड़े युग से बाहर आ सका। विश्व भर में कॉपरनिकस को आज आधुनिक खगोलविद्या का पिता माना जाता है।

दुर्भाग्यवश कॉपरनिकस का मॉडल (सूर्य केन्द्रित सिद्धान्त पर आधारित) टोलॅमी के भू-केन्द्रित मॉडल से बेहतर साबित नहीं हुआ।
कितना सुन्दर सिद्धान्त है, लेकिन ...
कारण दो तरह के थे। पहला, कॉपरनिकस ने कक्षाओं के लम्बूतरे रूप को नहीं पहचाना था। इसके बजाय उसने एपिसाइकिलों का एक जटिल ढांचा निकाला था। दूसरे, वह त्रुटिपूर्ण अवलोकन (ऑबज़रवेशन) के आधार पर काम कर रहा था।
कौन कहता है कि यह सरल है?
मुझे समझ नहीं आता। इतने क्रान्तिकारी विचार हैं लेकिन कितनी उलझी हुई बारीकियां!
पूर्वानुमान लगाने में आने वाली व्यवहारिक समस्याएं ही इकलौता मुद्दा नहीं थीं। कई अवधारणाओं में भी समस्या थी।
यदि हम इतनी तीव्र गति से सूर्य की परिक्रमा कर रहे हैं, तो ऐसा क्यों है कि मुझे कुछ भी महसूस नहीं होता?
हां, और वैसे भी धरती की इतनी बड़ी गेंद को सूर्य के चारों ओर कौन धकेलता है?
मुझे बताओ... अगर पृथ्वी एक जगह से दूसरी जगह जा रही है तो हमें सितारों के ताने बाने में कुछ पैरेलैक्स नहीं नज़र आएगा?
पैरेलैक्स? वह क्या है?
पैरेलैक्स की चर्चा के लिए पृष्ठ ३२ देखें।
ऐसे बुनियादी प्रश्नों के उत्तर काफी बाद में मिले। इन उत्तरों से न केवल सूर्य केन्द्रित सिद्धान्त पर संशय खत्म हुआ बल्कि संसार की प्रकृतिके बारे में गहराई से समझने में मदद मिली।
लेकिन इस समय तो, इन प्रश्नों ने कॉपानिकस के खीचें चित्र में बाधाएं डाल दीं।
कॉपरनिकस पर सभी लोग शुबहा नहीं करते थे। बल्कि उसके प्रशंसकों की भारी संख्या थी।
तुम्हें अपने सिद्धान्त को छापना चाहिये। दुनिया को उसकी जरूरत है।
पता नहीं। मुझे अभी भी बहुत सी बारीकियों पर काम करने की जरूरत है। इसके अलावा....
कॉपरनिकस का असली डर था - चर्च द्वारा नकारा जाना।
कार्पेरनिकस को पता था कि यदि चर्च ने उसके विचारों को नकार दिया तो केवल ईश्वर ही उन्हें बचा सकता था। वह चर्च को बिल्कुल नाराज नहीं करना चाहता था। उसका सहायक जो काफी चतुर था, उसने बचने का तरीका ढूंढ लिया और किताब को छाप ही दिया।
डी रिवोल्यूशनिबस ऑरबियम कोएलेस्टियम १५४३
पवित्र पिता पोप पॉल ३ को समर्पित
दुर्भाग्यवश इस पुस्तक को जो लोकप्रियता मिलनी चाहिए थी, नहीं मिली। कॉपरनिकस के सिद्धान्त एक सदी से भी ज्यादा समय तक पड़े रहे। फिर भी, सूर्य केन्द्रित सिद्धान्त की सच्चाई की पूरी तरह उपेक्षा करना सम्भव नहीं था। यह भी हैरानी की बात नहीं कि खगोलविदों ने पुराने भू-केन्द्रित सिद्धान्त को बचाने के लिये जम कर संघर्ष किया।
कॉपरनिकस की बात में दम है। हमें अवश्य ही उसपर ध्यान देना चाहिये।
हाँ, नहीं तो हम एक मजबूत आधार हमेशा के लिये खो देंगे।
* FIRM GROUND



डेनमार्क में जन्मा। उरानिबोर्ग (स्वर्गीय महल) ऑबसरबेटरी बनाई - जोकि पहला आधुनिक शोध संस्थान था। वह अचूक अवलोकनों (ऑबज़रवेशन्स) की दिल से पैरवी करता था।

कॉपरनिकस के खाके पर टाइको का हमला एक तरह से दोषरहित था। उसने कॉपरनिकस के सिद्धान्त में से सबकुछ अपना लिया था और तब भी पृथ्वी को वापस ब्रह्माण्ड का केन्द्र बनाने में सफल हो गया था। असल में ग्रहों की सापेक्ष गति की दृष्टि से टाइको का खाका कॉपरनिकस के खाके के बिल्कुल समान था और ग्रहों की केवल सापेक्ष गति ही असल में दृष्टिगोचर होती थी।

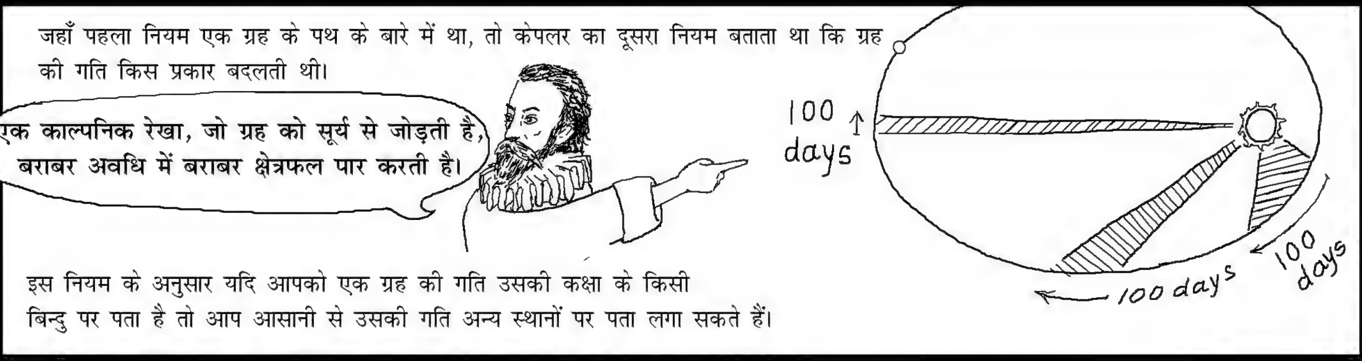
टाइको ने जो असल में किया, वह था कोऑरडिनेट सिस्टम को ही खिसका देना। उसने ग्रहों की कॉपरनिकस वाली चाल ही अपनाई पर इस गति की व्याख्या करने के लिये पृथ्वी को केन्द्र बना दिया। कोऑरडिनेट सिस्टम को बदलने से सापेक्ष गति प्रभावित नहीं होती।

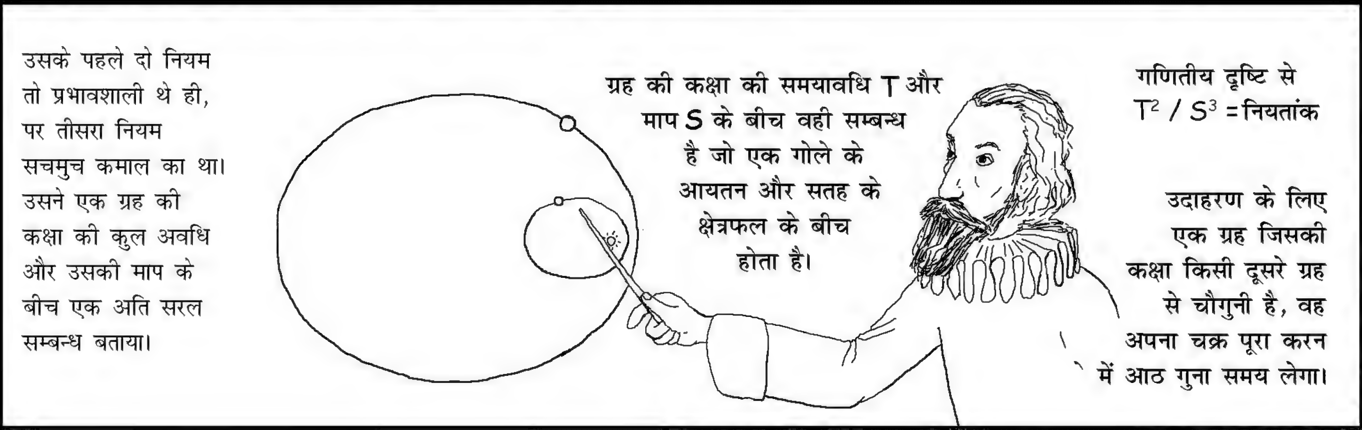
इस प्रकार,
टाइको ने कॉपरनिकस के सिद्धान्त को अपने में पूरी तरह समा भी लिया पर दूसरी ओर उसे दरकिनार भी कर दिया।

बाद में टाइको ने युवा केपलर को अपने सहायक के रूप में आमंत्रण दिया। इस सम्बन्ध का खगोलविद्या के भविष्य पर गहरा प्रभाव पड़ा।

केपलर ने अपने ग्रह गति के नियमों को समर्थन देने के लिये टाइको के आंकड़ों को अत्यधिक उपयोगी पाया। ब्रह्माण्ड की सूर्य केन्द्रित तस्वीर सदा के लिये स्थापित करने में केपलर के कार्य ने एक

टाइको का उत्तराधिकारी, जोहान्स केपलर सोचता था कि गति को मॉडल कर पाना ही काफी नहीं है।
ग्रहों की गति का केवल वर्णन करने से मुझे संतोष नहीं होता।
तो तुम और क्या करना चाहोगे, जोहान्स?
मैं जानना चाहता हूँ कि ग्रह ऐसी गति क्यों करते हैं ? कौन सा बल है जो उन्हें उनके पथ पर चलाए रखता है?
क्या वे ईश्वर की इच्छा पर नहीं चलते?
क्या उसका अभिप्राय है कि ग्रहों की गति केवल ज्यामिति का विषय नहीं, बल्कि भौतिकी का प्रश्न है?
दुर्भाग्यवश ग्रहों की गति के भौतिक कारणों पर केपलर के विचार अस्पष्ट ही रहे। हमारी आज की समझ की दृष्टि से वे बिल्कुल गलत थे।
सूर्य एक चुम्बकीय बल लगाता है जो ग्रहों को लगातार गति में रखता है। इसकी अनुपस्थिति में ग्रह एकदम रुक जाएंगे।
कितना रोचक है यह!
और कितना जादुई!
लेकिन ग्रहों की चाल का उसका मॉडल अद्भुत था। सत्रहवीं सदी की शुरूआत में केपलर ने दुनिया को तीन नए नियम दिये।
ये आज केपलर के नियमों के नाम से लोकप्रिय हैं। इन्होंने ब्रह्माण्ड की पहली सफल भौतिकी व्याख्या को उपजाने में एक बुनियादी भूमिका निभाई। यह व्याख्या आने वाले दशकों में उभर कर आई।
जोहान्स केपलर १५७१-१६३०
जर्मनी में जन्मा - एक गणितज्ञ, खगोलविद और ज्योतिषी। पूरे विश्व में ग्रहों की चाल को नियन्त्रित करने वाले अपने तीन नियमों के कारण प्रसिद्ध। उसने खगोलविद्या को खगोलीय भौतिकी के रूप में देखा और कॉपरनिकस के दृष्टिकोण को पुर्नजीवित करने में बड़ी भूमिका निभाई।
जब उसने एपिसाइकिल के उलझे हुई खाके को केवल एक वक्र रेखा (कर्व) दीर्घ वृत्त (एलिप्स) से बदल कर ग्रह की कक्षा की व्याख्या की। यह एक अत्यन्त प्रतिभाशाली दिमाग का सबूत था।
कोई एपिसाइकिल नहीं, इक्वांट नहीं.. केपलर अत्यधिक प्रतिभावान है!
हां, यह बेहद सरल है, तब भी अत्यधिक सटीक।
केपलर का कक्षाओं का मॉडल बिल्कुल सरल और सटीक था। दीर्घवृत्ताकार कक्षा केपलर के पहले नियम के नाम से जानी गई।
रोचक बात यह है कि टाइको के आंकड़े जो केपलर को सीधे उपलब्ध थे, ने उसकी उपलब्धियों में एक मुख्य भूमिका निभाई। इस सामग्री की शुद्धता ने केपलर को आश्वस्त किया कि एपिसाइकिल पर आधारित मॉडल त्रुटिपूर्ण था। तो उसने नए विकल्प खोजने चालू किये (और दीर्घवृत्त को चुना)।
या खुदा! मैं कसम खा सकता हूँ कि इसके अलावा अन्य कोई संभावना नहीं
टाइको के आंकड़े सबसे बेहतर सामग्री थी जो किसी को नंगी आँखों से देखने पर हासिल हो सकती थी। पर यह उस शुद्धता के सामने कुछ भी नहीं थी जो कि आगे के दशकों में टेलीस्कोप की मदद से हासिल हो पाई।
अगर केपलर को टेलीस्कोप से हासिल आंकड़े मिल पाते, तो उसे आभास हो जाता कि ग्रहों की कक्षाएं आदर्श दीर्घवृत भी नहीं हैं। टाइको की सामग्री शायद इतनी ही शुद्ध थी कि वह इसकी मदद से एक पक्के निष्कर्ष पर पहुंच सका।





उपलब्ध आंकड़ों और केपलर के दीर्घवृत्तीय मॉडल के बीच बिल्कुल सटीक मेल था। टोलॅमी ने सितारों के बीच एक खोज चालू की थी। केपलर आखिरकार एक निष्कर्ष पर पहुँचा। केपलर के सिद्धान्तों ने एक यात्रा समाप्त की और एक दूसरी की शुरूआत की।

केपलर के नियमों के बारे में अनोखी बात यह थी कि वे सभी ग्रहों पर (जाहिर है, केवल चंद्रमा को छोड़कर) समान रूप से लागू होते थे। उनमें कोई बहुत मौलिक गुण था। इन नियमों ने न केवल ग्रहों की गति का वर्णन ही किया बल्कि इस गति का सार ही पकड़ लिया। केपलर के नियमों का ज्यादा गहराई से अध्ययन शायद ब्रह्माण्ड की यांत्रिकी पर निश्चय ही ज्यादा प्रकाश डाल सके?

और ठीक ऐसा ही हुआ। केपलर के नियमों ने गैलिलियों के टेलीस्कोप की सहायता से तथा न्यूटन के गणितीय समीकरणों द्वारा सशक्त होकर, खगोलीय भौतिकी के एक नए युग की शुरूआत की।

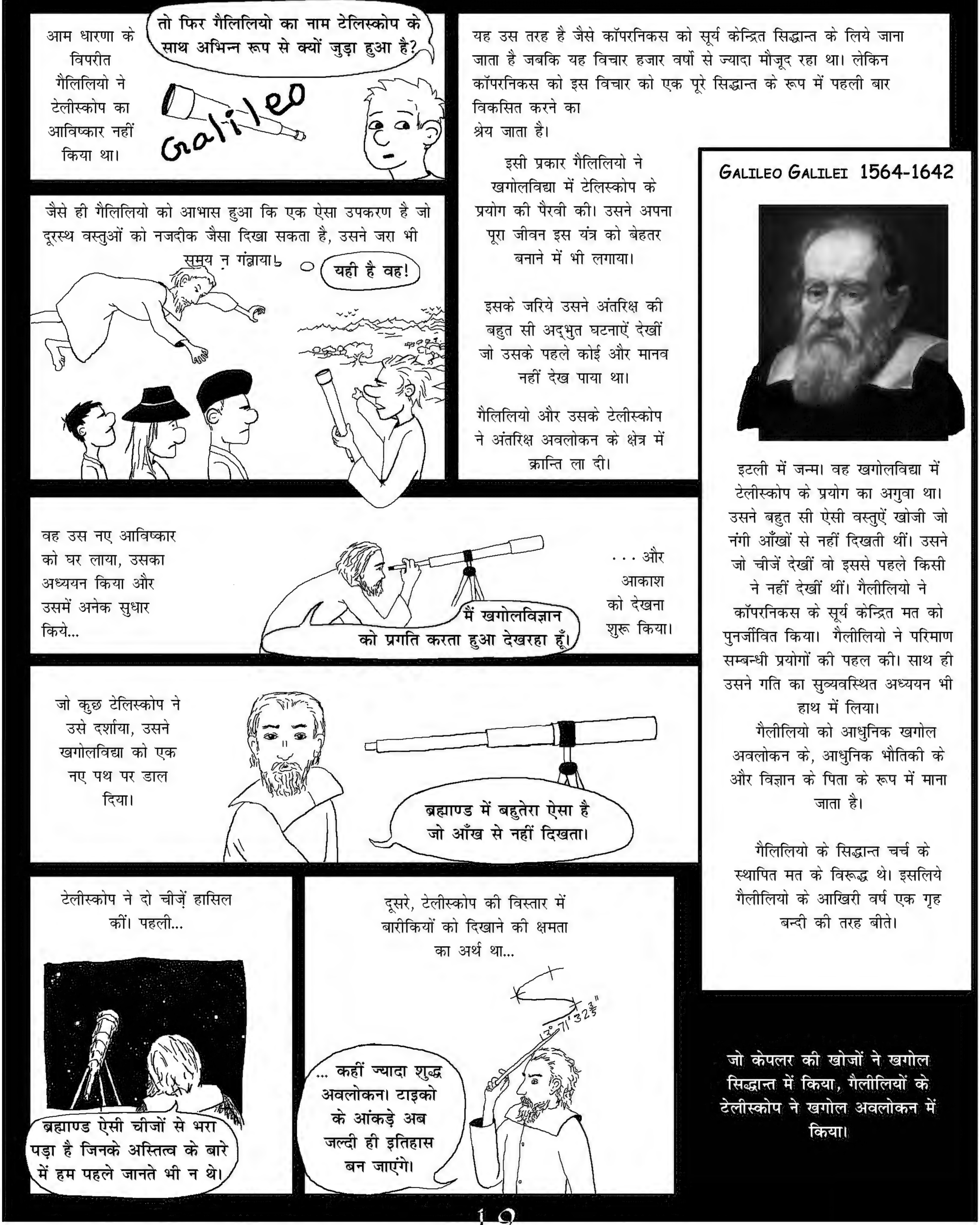
खगोलविद्या के इतिहास में शायद सत्रहवीं शताब्दी सबसे रोमांचक काल रहा।

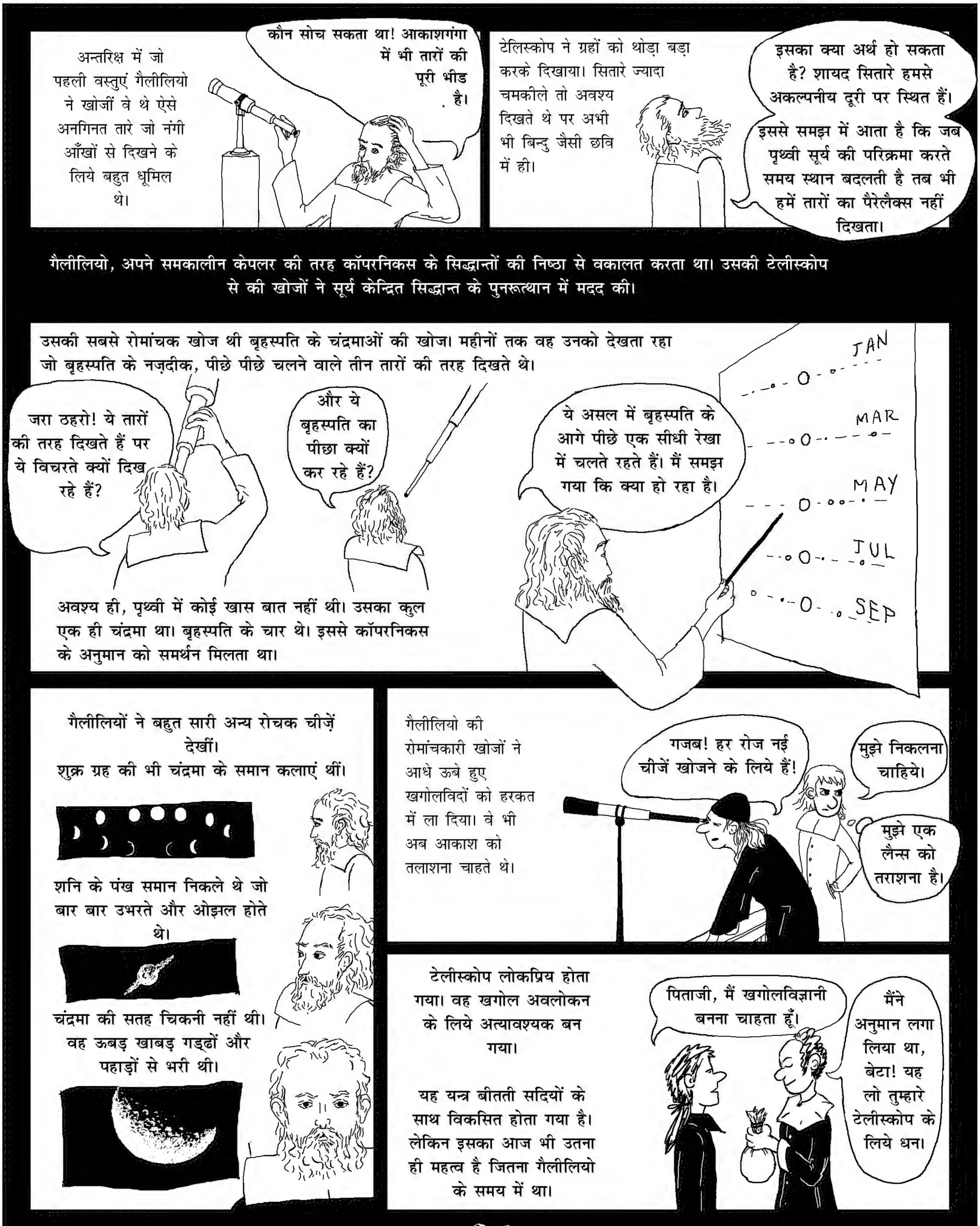
केपलर शुरूआत से ही कॉपरनिकस की तस्वीर का उत्साही समर्थक रहा था। लेकिन उसकी दीर्घवृत्ताकार कक्षाओं ने सूर्य केन्द्रित तस्वीर को पुनर्जीवित करने में कोई मदद नहीं की। टाइको ने जो कॉपरनिकस के सिद्धान्तों के साथ किया था, वही केपलर के नियमों के साथ भी किया जा सकता था। सूर्य (अपने ग्रहों के समूह के साथ) पृथ्वी की परिक्रमा करता हुआ दीर्घवृतीय खगोलशास्त्र के भी अनुकूल था।

सौभाग्य से चंद्रमा केपलर के तीसरे नियम को नहीं मानता था। केपलर का स्पष्टीकरण यह था कि चंद्र अन्य ग्रहों की तरह सूर्य की परिक्रमा नहीं करता था और इसलिये उनकी तरह व्यवहार नहीं करता था। लेकिन अगर टाइको की तस्वीर सही थी, तो फिर सूर्य (जो कि पृथ्वी के चारों ओर परिक्रमा करता था) चंद्रमा से अलग और अन्य ग्रहों के समान क्यों व्यवहार करता था। केपलर का यहां पर पक्ष मजबूत था।

पर गैलीलियो द्वारा सतत प्रयासों तथा उसके बाद न्यूटन के भौतिक सिद्धान्तों के सामने आने के बाद ही भूकेन्द्रित तस्वीर को पूरी तरह छोड़ा जा सका।

इस बात को महत्व दिये बगैर केपलर का दीर्घवृत्तीय खगोल ज्ञान ही असली खगोल ज्ञान माना जाने लगा और उसने सभी पुराने सिद्धान्तों को दरकिनार कर दिया।


आम धारणा के विपरीत गैलिलियो ने टेलीस्कोप का आविष्कार नहीं किया था।
तो फिर गैलिलियो का नाम टेलिस्कोप के साथ अभिन्न रूप से क्यों जुड़ा हुआ है?
Galileo
यह उस तरह है जैसे कॉपरनिकस को सूर्य केन्द्रित सिद्धान्त के लिये जाना जाता है जबकि यह विचार हजार वर्षो से ज्यादा मौजूद रहा था। लेकिन कॉपरनिकस को इस विचार को एक पूरे सिद्धान्त के रूप में पहली बार विकसित करने का श्रेय जाता है।
जैसे ही गैलिलियो को आभास हुआ कि एक ऐसा उपकरण है जो दूरस्थ वस्तुओं को नजदीक जैसा दिखा सकता है, उसने जरा भी समय न गंवाया।
यही है वह!
इसी प्रकार गैलिलियो ने खगोलविद्या में टेलिस्कोप के प्रयोग की पैरवी की। उसने अपना पूरा जीवन इस यंत्र को बेहतर बनाने में भी लगाया।
इसके जरिये उसने अंतरिक्ष की बहुत सी अद्‌भुत घटनाऐं देखीं जो उसके पहले कोई और मानव नहीं देख पाया था।
गैलिलियो और उसके टेलीस्कोप ने अंतरिक्ष अवलोकन के क्षेत्र में क्रान्ति ला दी।
GALILEO GALILEI 1564-1642
इटली में जन्म। वह खगोलविद्या में टेलीस्कोप के प्रयोग का अगुवा था। उसने बहुत सी ऐसी वस्तुऐं खोजी जो नंगी आँखों से नहीं दिखती थीं। उसने जो चीजें देखीं वो इससे पहले किसी ने नहीं देखीं थीं। गैलीलियो ने कॉपरनिकस के सूर्य केन्द्रित मत को पुनर्जीवित किया। गैलीलियो ने परिमाण सम्बन्धी प्रयोगों की पहल की। साथ ही उसने गति का सुव्यवस्थित अध्ययन भी हाथ में लिया।
गैलीलियो को आधुनिक खगोल अवलोकन के, आधुनिक भौतिकी के और विज्ञान के पिता के रूप में माना जाता है।
गैलिलियो के सिद्धान्त चर्च के स्थापित मत के विरूद्ध थे। इसलिये गैलीलियो के आखिरी वर्ष एक गृह बन्दी की तरह बीते।
वह उस नए आविष्कार को घर लाया, उसका अध्ययन किया और उसमें अनेक सुधार किये...
मैं खगोलविज्ञान को प्रगति करता हुआ देखरहा हूँ।
. . . और आकाश को देखना शुरू किया।
जो कुछ टेलिस्कोप ने उसे दर्शाया, उसने खगोलविद्या को एक नए पथ पर डाल दिया।
ब्रह्माण्ड में बहुतेरा ऐसा है जो आँख से नहीं दिखता।
टेलीस्कोप ने दो चीज़ें हासिल कीं। पहली...
ब्रह्माण्ड ऐसी चीजों से भरा पड़ा है जिनके अस्तित्व के बारे में हम पहले जानते भी न थे।
दूसरे, टेलीस्कोप की विस्तार में बारीकियों को दिखाने की क्षमता का अर्थ था...
... कहीं ज्यादा शुद्ध अवलोकन। टाइको के आंकड़े अब जल्दी ही इतिहास बन जाएंगे।
जो केपलर की खोजों ने खगोल सिद्धान्त में किया, गैलीलियों के टेलीस्कोप ने खगोल अवलोकन में किया।


अन्तरिक्ष में जो पहली वस्तुएं गैलीलियो ने खोजीं वे थे ऐसे अनगिनत तारे जो नंगी आँखों से दिखने के लिये बहुत धूमिल थे।
कौन सोच सकता था! आकाशगंगा में भी तारों की पूरी भीड है।
टेलिस्कोप ने ग्रहों को थोड़ा बड़ा करके दिखाया। सितारे ज्यादा चमकीले तो अवश्य दिखते थे पर अभी भी बिन्दु जैसी छवि में ही।
इसका क्या अर्थ हो सकता है? शायद सितारे हमसे अकल्पनीय दूरी पर स्थित हैं।
इससे समझ में आता है कि जब पृथ्वी सूर्य की परिक्रमा करते समय स्थान बदलती है तब भी हमें तारों का पैरेलैक्स नहीं दिखता।
गैलीलियो, अपने समकालीन केपलर की तरह कॉपरनिकस के सिद्धान्तों की निष्ठा से वकालत करता था। उसकी टेलीस्कोप से की खोजों ने सूर्य केन्द्रित सिद्धान्त के पुनरूत्थान में मदद की।
उसकी सबसे रोमांचक खोज थी बृहस्पति के चंद्रमाओं की खोज। महीनों तक वह उनको देखता रहा जो बृहस्पति के नज़दीक, पीछे पीछे चलने वाले तीन तारों की तरह दिखते थे।
जरा ठहरो! ये तारों की तरह दिखते हैं पर ये विचरते क्यों दिख रहे हैं?
और ये बृहस्पति का पीछा क्यों कर रहे हैं?
ये असल में बृहस्पति के आगे पीछे एक सीधी रेखा में चलते रहते हैं। मैं समझ गया कि क्या हो रहा है।
JAN
MAR
MAY
JUL
SEP
अवश्य ही, पृथ्वी में कोई खास बात नहीं थी। उसका कुल एक ही चंद्रमा था। बृहस्पति के चार थे। इससे कॉपरनिकस के अनुमान को समर्थन मिलता था।
गैलीलियों ने बहुत सारी अन्य रोचक चीज़ें देखीं।
शुक्र ग्रह की भी चंद्रमा के समान कलाएं थीं।
शनि के पंख समान निकले थे जो बार बार उभरते और ओझल होते थे।
चंद्रमा की सतह चिकनी नहीं थी। वह ऊबड़ खाबड़ गड्ढों और पहाड़ों से भरी थी।
गैलीलियो की रोमांचकारी खोजों ने आधे ऊबे हुए खगोलविदों को हरकत में ला दिया। वे भी अब आकाश को तलाशना चाहते थे।
गजब! हर रोज नई चीजें खोजने के लिये हैं!
मुझे निकलना चाहिये।
मुझे एक लैन्स को तराशना है।
टेलीस्कोप लोकप्रिय होता गया। वह खगोल अवलोकन के लिये अत्यावश्यक बन गया।
यह यन्त्र बीतती सदियों के साथ विकसित होता गया है। लेकिन इसका आज भी उतना ही महत्व है जितना गैलीलियो के समय में था।
पिताजी, मैं खगोलविज्ञानी बनना चाहता हूँ।
मैंने अनुमान लगा लिया था, बेटा! यह लो तुम्हारे टेलीस्कोप के लिये धन।

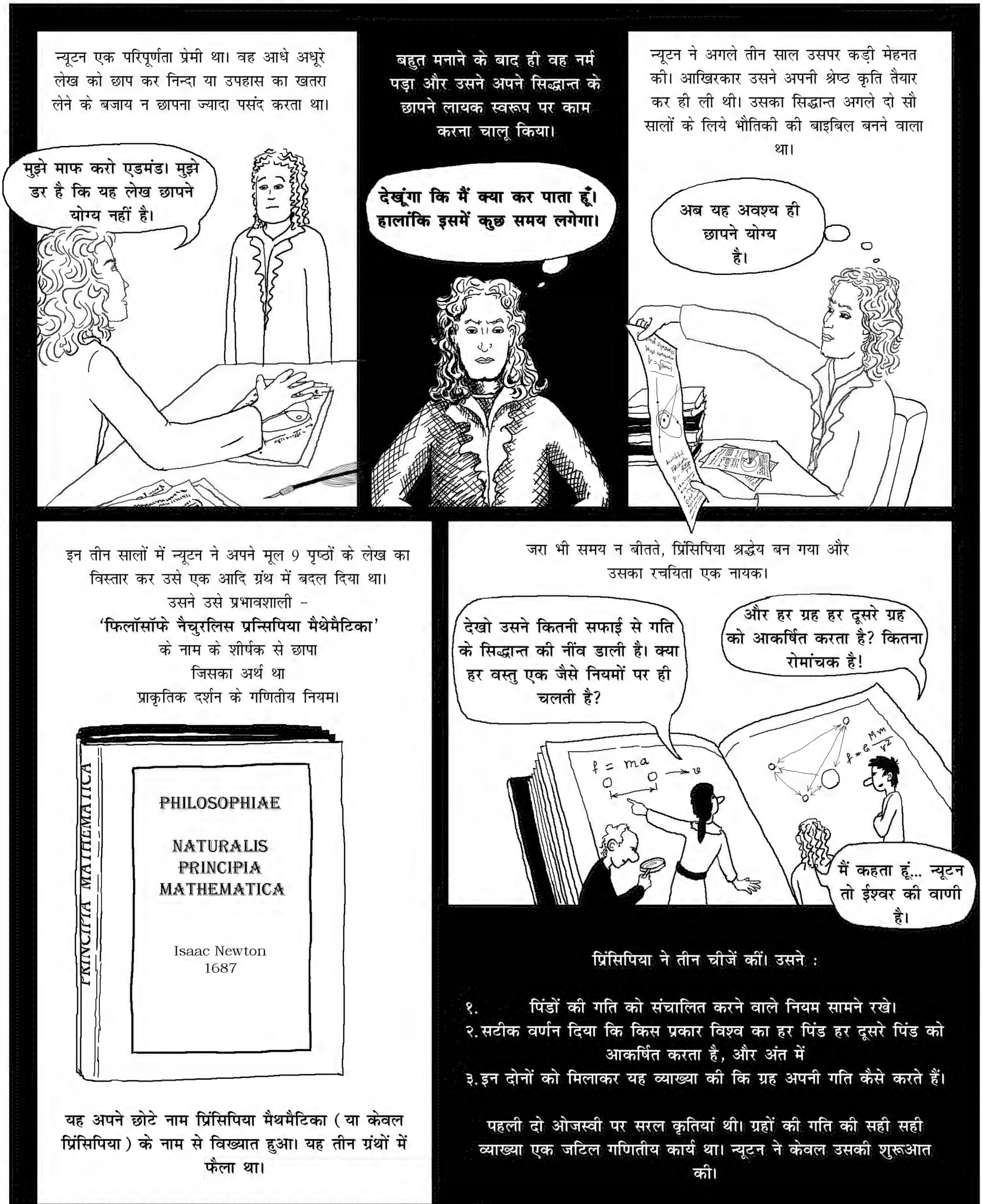
ग्रहों की गति की केवल ज्यामितीय समझ ने सूर्य केन्द्रित सिद्धान्त को सिद्ध करने में कोई मदद नहीं की थी। गैलीलियो ने गति के भौतिक विज्ञान का व्यवस्थित अध्ययन चालू किया।
अब, कौन सा बल इस गेंद को लुढ़कता हुआ रखता है?
उसने प्रयोग किये...
कौन कहता है कि भारी चीज़े जल्दी गिरती है?
... और अपने खुद के निष्कर्ष निकाले।
स्थिर गति वस्तुओं की कुदरती अवस्था है। किसी पिंड को स्थिर गति से चलाने के लिये किसी बाहरी कर्ता (या बल) की आवश्यकता नहीं है।
विश्राम अवस्था भी स्थिर गति की ही एक खास अवस्था है। जड़त्व जो किसी वस्तु को विश्राम अवस्था में रखता है, वही उसे स्थिर गति में भी रखता है और उसे अपने आप रुकने नहीं देता।
उसके विचार बहुत मौलिक थे।
गति में अचानक बदलाव को ही बाहरी बल की आवश्यकता पड़ती है -जैसे एक पिंड (विश्राम अवस्था में) को गति देना, या कोई जो पहले से चल रहा हो उसे रोक देना।
अगर आप स्थिर गति से चल रहे हैं, चाहे बहुत तेज गति से भी, तो भी आपको कुछ महसूस नहीं होगा।
हालांकि गति में अचानक बदलाव तुरंत महसूस होता है।
लिफ्ट में चलने वालों द्वारा बहुत आसानी से इसकी परीक्षा हो सकती है।
हम चल क्यों नहीं रहे हैं?
सब्र करो, जब तक यह रुक न जाए।
गैलीलियो के गति के भौतिक सिद्धान्त कॉपरनिकस के मॉडल को सही सिद्ध करने में बहुत कारगर साबित हुए।
गैलीलियो की बात में दम है।
हां, और अगर गैलीलियो सही है, तो फिर कॉपरनिकस भी सही है।
गैलीलियो ने संसार के बारे में अपने विचार अवलोकन और तर्क के ठोस आधार पर बनाए। उसका सिद्धान्त मौलिक था और मौजूदा धारणाओं को काटता था, खास करके धर्मशास्त्रों में लिखी धारणाओं को। चर्च ने इसे एक खतरे की तरह देखा।
गैलीलियो को बन्दी बना लिया गया। उसके लेखों पर पाबन्दी लगा दी गई। अपने जीवन के अन्तिम दिन उसने गृह बन्दी के रूप में बिताए।
चर्च को गैलीलियो और विज्ञान के बराबर आने में ४०० साल लग गए। १९९२ में पोप जॉन पॉल २ ने चर्च की ओर से गैलीलियो के साथ किये गए व्यवहार पर माफी मांगी। उसने यह बात भी सार्वजनिक रूप से स्वीकार की कि पृथ्वी स्थिर नहीं है।
गैलीलियो के गति पर विचार ही वह नींव बने जिन पर भौतिकी के सिद्धान्त फले फूले।
त्वरण लगाए गए बल के अनुपात में होता है।
गुरूत्व को त्वरण से अलग पहचानना संभव नहीं है।

कपलर ने खगोलविज्ञानियों को प्रेरित किया था कि वे ग्रहों की गति को खगोलीय भौतिकी के रूप में देखें। गैलीलियो गति की कुछ मूल समझ तक पहुँच चुका था। पर जहाँ तक ग्रहों की कक्षाओं की बात है, किसी के पास कोई असल सुराग नहीं था।
क्या चीज़ है जो ग्रहों को इतने खूबसूरत वक्र पथों पर चलाती रहती है। शायद वहाँ अदृश्य पटरियां बनी हुई हैं।
यह राबर्ट हुक था जिसने केपलर के मॉडलो और न्यूटन के खगोलीय यांत्रिकी के गणितीय सिद्धान्त के बीच में पुल बनाने का काम किया।
हुक में गजब की कल्पना शक्ति थी, पर उसमें गणितीय क्षमता नहीं थी जिससे कि वह अपने विचारों को एक वैज्ञानिक सिद्धान्त में बदल पाता।
मैं देख पा रहा हूँ कि क्या घट रहा है।
अगर कहीं मैं एक मेधावी गणितज्ञ होता...
असल में, यह हुक था जिसने पहली बार गुरूत्वाकर्षण को पहचाना...
सूर्य ग्रहों को अपनी ओर आकर्षित करता है।
. . . और खगोलीय यांत्रिकी में गुरूत्व की भूमिका को भी।
यदि ऐसा कोई बल नहीं होता तो ग्रह एक समान गति से सीधी रेखा पर चलते जाते। ध्यान है, गैलीलियो ने क्या कहा था?
औह
यह सूर्य का आकर्षण है जिसने इन सीधे पथों को मोड़कर दीर्घवृत्ताकार कक्षाओं में बदल दिया है।
यह केवल सूर्य के साथ नहीं है, हर ग्रह अपने उपग्रहों को इसी तरह से खींचता है।
हुक ने यह भी कहा कि यह गुरुत्व आकर्षण नज़दीक के पिंडों के लिये दूरस्थ पिंडों के मुकाबले ज्यादा प्रबल था। इसीलिये सूर्य के पास के ग्रह बड़ी कक्षा वाले ग्रहों के मुकाबले ज्यादा तेजी से परिक्रमा करते थे।
हुक के विचार काफी प्रभावित करने वाले थे, लेकिन ये केवल विचार थे जिनके साथ इनका समर्थन करने के लिये गणितीय विवरण नहीं था। सौभाग्य से, न्यूटन, एक गणितीय जीनियस भी लगभग ऐसी ही दिशा में सोच रहा था। उसने आखिरकार एक पूरा वैज्ञानिक सिद्धान्त विकसित किया, और खगोलीय भौतिकी को एक निष्कर्ष तक पहुँचाया।

व्युतक्रम का नियम

गैलीलियो और रॉबर्ट हुक के योगदान ने नई संभावनाएं उपजाई थीं। लेकिन उन्होंने खगोलीय यांत्रिकी की समझ नहीं बनाई थी। केपलर की खोजों से लगी हुई आग केवल गुणात्मक व्याख्या से नहीं बुझ सकती थी। अब बहुत बड़ी आवश्यकता थी कि एक भौतिकी सिद्धान्त निकाला जाय तो केपलर के नियमों को गणितीय सुस्पष्टता से प्रकाशित करे।
यह श्रेय आइजैक न्यूटन को जाता है। उसने न केवल इस सिद्धान्त की सूक्ष्म बारीकियों पर काम किया बल्कि इसके लिये आवश्यक गणित की भी रचना की।
हुक ने अपने सहज ज्ञान से महसूस कर लिया था कि जैसे जैसे सूर्य से दूर जाया जाए, उसका गुरूत्व बल धीरे-धीरे घटता जाता है। लेकिन सूर्य से दूरी तथा गुरुत्व के खिंचाव के बीच में वास्तविक सम्बन्ध क्या था?
यह अभी तक एक रहस्य ही था।
आखिरकार यह पाया गया कि गुरुत्व बल भी व्युतक्रम वर्ग नियम का पालन करता है।
यह नियम कहता है कि स्रोत से दूरी के वर्ग के अनुपात में गुरुत्वाकर्षण बल घटता जाता है।
यह काफी आसान है, दूरी को दोगुना कर दो तो आकर्षण चौगुना घट जाएगा।
व्युतक्रम वर्ग नियम के बारे में सोचना इतना कठिन नहीं था। असल में वह आजमाइश के लिये एक स्पष्ट उम्मीदवार था।
जैसा कि हर कोई जानता है, एक मोमबत्ती की प्रदीप्ति उससे दूसरी के वर्ग के अनुसार घटती जाती है। तो फिर गुरुत्व के साथ भी ऐसा क्यों नहीं हो सकता?
क्या तुम यह इंगित कर रहे हो कि सूर्य जिस तरह से रोशनी देता है उसी तरह से गुरुत्वाकर्षण भी उत्सर्जित करता है?
असली प्रश्न था, 'क्या गुरुत्व में व्युतक्रम वर्ग नियम दीर्घवृत्ताकार कक्षाओं को जन्म देगा?
यदि हाँ, तब तो यही ठीक नियम है।
यदि नहीं, तो गुरुत्व किसी और तरह से व्यवहार करेगा।
रॉबर्ट हुक ने दावा किया कि गुरुत्व का व्युतक्रम वर्ग नियम दीर्घवृत्तीय कक्षाओं को जन्म देगा। पर उसने कोई भी सबूत देने से मना कर दिया।
नहीं दूँगा।
आखिरकार हुक आइजैक न्यूटन के पास गया। अब तक न्यूटन एक नामी गणितज्ञ के रूप में स्थापित हो चुका था। दुर्भाग्यवश इस मुलाकात में दोनों के विचारों में टकराव हो गया। कहीं अगर मैं उसे आश्वस्त कर पाता।
I think you are missing the whole point Isaac.
उसकी यह मजाल कि वह मेरे विचारों का खंडन करे?
न्यूटन बुरी तरह आहत हुआ। उसने अपने आप को चुप्पी में कैद कर लिया, लेकिन इसलिये कि वह इस विषय का और गहराई से अध्ययन कर सके।
मुझे इसकी तह तक जाना ही होगा। और मैं जाऊंगा ही।

हुक के साथ मुलाकात के बाद न्यूटन ने काम करके गुरुत्व का सिद्धान्त निकाल लिया। लेकिन उसने इन नतीजों को अपने पास ही रखा।
आह! आखिर मैंने कर ही लिया। अब मुझे वापस प्रकाश के रंगों के विषय पर लग जाना चाहिये।
सौभाग्य से, लगभग उसी समय एडमंड हेली, जो रॉयल सोसाइटी का युवा सदस्य था, खगोलीय यात्रिकी के भौतिकी सिद्धान्त में बहुत रुचि रखता था।
हुक ने जब अपने विचारों के समर्थन के लिए कोई गणितीय सबूत पेश नहीं किये, निराश हो हेली न्यूटन के पास गया...
अगर यह मानें कि सूर्य व्युतक्रम वर्ग नियम के अनुसार गुरुत्वाकर्षण बल से खींचता है, तो फिर ग्रहों की कक्षा का आकार क्या होगा?
बिना शक दीर्घवृत्त।
इस मुलाकात के वास्तव में अच्छे परिणाम रहे। थोड़े दिन बाद न्यूटन ने हेली को एक छोटा लेख भेजा जिसमें उसके गणितीय सिद्धान्त का वर्णन था।
आखिरकार!
हेली के उत्साह का पारावार न था।
न्यूटन के छोटे से लेख में जो परिणाम थे वह हेली की उम्मीदों से कहीं आगे थे। यह मानते हुए कि गुरुत्व व्युतक्रम वर्ग नियम के अनुसार कार्य करता है, न्यूटन ने दर्शाया था कि एक ग्रह की कक्षा दीर्घवृत्ताकार होगी (केपलर का पहला नियम) और उसका गति परिवर्तन केपलर के दूसरे नियम का पालन करेगा और उसकी कक्षा का आवर्तकाल तीसरे नियम के अनुसार होगा।
आइजैक न्यूटन १६४३-१७२७
इंग्लैड में जन्म। उसने कैलकुलस ईजाद की, जो शायद विज्ञान की दुनिया को उसका सबसे बड़ा योगदान है। (कैलकुलस ईजाद करने का दावा लीबनिज द्वारा भी किया गया, जिससे विवाद छिड़ गया जो कभी भी शांत नहीं हो पाया।)
उसने एक गतिकी का सिद्धान्त निकाला और इस प्रकार भौतिकी को एक ठोस और परिपक्व स्वरूप दिया। गतिकी और कैलकुलस को लागू कर के उसने खगोलविज्ञान का पहला भौतिकी सिद्धान्त भी उपजाया।
उसने प्रकाश के आचरण का भी अध्ययन किया। उसने परावर्तन (reelecting) टेलीस्कोप का भी आविष्कार किया (जो न्यूटोनियम टेलीस्कोप के नाम से भी जाना जाता है।)
न्यूटन के परिणामों का अर्थ था - दो हजार सालों से चल रहे उलझाव का अंत। ब्रह्माण्ड की एक ज्यादा स्पष्ट छवि उभर कर आने लगी।
यह सरल नियमों का सेट था जो खगोलीय पिंडों की गति को निर्धारित करता था।
यह एक बुरे स्वप्न से जागने जैसा है।
न्यूटन के काम के मूल्य को पहचानते हुए, हेली ने उसे प्रेरित किया कि वह अपने सिद्धान्त को प्रकाशित करे।


न्यूटन एक परिपूर्णता प्रेमी था। वह आधे अधूरे लेख को छाप कर निन्दा या उपहास का खतरा लेने के बजाय न छापना ज्यादा पसंद करता था।
मुझे माफ करो एडमंड। मुझे डर है कि यह लेख छापने योग्य नहीं है।
बहुत मनाने के बाद ही वह नर्म पड़ा और उसने अपने सिद्धान्त के छापने लायक स्वरूप पर काम करना चालू किया।
देखूंगा कि मैं क्या कर पाता हूँ। हालांकि इसमें कुछ समय लगेगा।
न्यूटन ने अगले तीन साल उसपर कड़ी मेहनत की। आखिरकार उसने अपनी श्रेष्ठ कृति तैयार कर ही ली थी। उसका सिद्धान्त अगले दो सौ सालों के लिये भौतिकी की बाइबिल बनने वाला था।
अब यह अवश्य ही छापने योग्य है।
इन तीन सालों में न्यूटन ने अपने मूल 9 पृष्ठों के लेख का विस्तार कर उसे एक आदि ग्रंथ में बदल दिया था। उसने उसे प्रभावशाली – 'फिलॉसॉफे नैचुरलिस प्रन्सिपिया मैथेमैटिका' के नाम के शीर्षक से छापा जिसका अर्थ था प्राकृतिक दर्शन के गणितीय नियम।
PRINCIPIA MATHEMATICA
PHILOSOPHIAE
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA
Isaac Newton
1687
यह अपने छोटे नाम प्रिंसिपिया मैथमैटिका (या केवल प्रिंसिपिया) के नाम से विख्यात हुआ। यह तीन ग्रंथों में फैला था।
जरा भी समय न बीतते, प्रिंसिपिया श्रद्धेय बन गया और उसका रचयिता एक नायक।
देखो उसने कितनी सफाई से गति के सिद्धान्त की नींव डाली है। क्या हर वस्तु एक जैसे नियमों पर ही चलती है?
और हर ग्रह हर दूसरे ग्रह को आकर्षित करता है? कितना रोमांचक है!
f = ma
मैं कहता हूं... न्यूटन तो ईश्वर की वाणी है।
प्रिंसिपिया ने तीन चीजें कीं। उसने :
१. पिंडों की गति को संचालित करने वाले नियम सामने रखे।
२. सटीक वर्णन दिया कि किस प्रकार विश्व का हर पिंड हर दूसरे पिंड को आकर्षित करता है, और अंत में
३. इन दोनों को मिलाकर यह व्याख्या की कि ग्रह अपनी गति कैसे करते हैं।
पहली दो ओजस्वी पर सरल कृतियां थी। ग्रहों की गति की सही सही व्याख्या एक जटिल गणितीय कार्य था। न्यूटन ने केवल उसकी शुरूआत की।

शुरुआत से ही हेली ने न्यूटन के काम में गहरी रुचि ली थी। असल में हेली ने ही अपना निजी धन लगाकर प्रिंसिपिया को छपवाया था।
मैं तुम्हारा ऋणी हूं।
पर खुशी तो सारी मुझे मिली है। और यह रही तुम्हारी अपनी प्रति।
हेली ने न्यूटन के सिद्धान्तों को लोकप्रिय बनाने में एक अहम भूमिका निभाई। इससे उसे स्वयं भी बहुत ख्याति मिली।
सार्वत्रिक गुरुत्व के नियमों के कारण धूमकेतु की कक्षा भी दीर्घवृत्तीय होगी। तो फिर ऐसा क्यों है कि हम धूमकेतुओं को सिर्फ आते और जाते देखते हैं।
धूमकेतु का पथ भी दीर्घवृत्त होगा पर यह अत्यधिक लम्बा होगा। बात केवल यह है कि हमें इस लम्बे दीर्घवृत्त का दूसरा सिरा दिखाई नहीं देता। और हम इतना जीवित ही नहीं रहते कि किसी धूमकेतु का वापस लौट कर आना देख सकें।
हेली जिसको न्यूटन पर गहरा विश्वास था, उसके इस सिद्धान्त की पुष्टि करने में जुट गया।
तब तो अवश्य ही ऐसा कोई धूमकेतु होगा जो एक निश्चित समय के बाद लौट कर आता हो।
यदि ऐसा है तो मुझे इतिहास में इसका कोई विवरण जरूर मिलना चाहिए।
वह ऐतिहासिक सामग्री के ढेरों को पलटता रहा और सचमुच ही, उसे एक धूमकेतु के बार बार दिखने का आवर्ती क्रम दिखाई दिया।
या खुदा! एक मुझे यहां दिख रहा है... जो हर ७६ साल में लौट कर आता है।
साथ ही ... इसका मतलब यह आज से ६ दशकों बाद लौटकर आने वाला है। क्या मैं इतना जीवित रहूंगा कि उसे देख सकूं?
* THE EXPRESSION HOLY COW WAS NOT INVENTED TILL THE BRITISH WENT TO INDIA.
जैसी हैली ने पूर्वसूचना दी थी, 1758 में एक धूमकेतु देखा गया। यह वास्तव में एक ऐतिहासिक घटना थी। दुख की बात है कि हेली लगभग दो दशक पहले ही गुज़र चुका था।
वह सही था। हेली सही था।
... और साथ ही न्यूटन भी।
जैसा हेली ने पूर्वानुमान लगाया था हेली धूमकेतु हर ७६ साल में सूर्य के नज़दीक आता है।
आज भी हेली धूमकेतु पूरे विश्व का ध्यान अपनी ओर खींचता है। इसको फिर से प्रकट होते देखने के लिये भारी भीड़ एकत्र होती है।
हेली धूमकेतु के लिये इंतजार करो। इसका अगला चक्कर २०६१ के आसपास अनुमानित है।

न्यूटन की भौतिकी ने भौतिक विज्ञान व इंजीनियरिंग पर दो सौ सालों तक राज किया। ऐसा प्रतीत होता था जैसे न्यूटन ने कुदरत के रहस्यों पर से पर्दा उठा दिया हो। लोगों ने वैज्ञानिक खोजबीन में आस्था रखनी शुरू कर दी। इसके आगे विज्ञान और तकनीकी ही प्रगति के इंजन को चलाने वाला ईंधन बन गए।

कुछ लोगों को सौर मण्डल में एक खाली स्थान बहुत चुभता था। चार अन्दरूनी ग्रहों तथा दो बाहरी ग्रहों के बीच एक विशाल रिक्त स्थान था। इस असंगति को कैसे समझाया जाए?
हो सकता है कि बृहस्पति की कक्षा के भीतर एक छोटा सा ग्रह है जो हमारे टेलीस्कोप की नजर से बच गया है।
सृष्टिकर्ता समझदार है। क्योंकि बाहरी ग्रह काफी बड़े हैं, ये नज़दीक के छोटे ग्रहों की कक्षाओं को आसानी से विचलित कर सकते थे।
कुछ लोग ऐसा भी समझते थे कि ग्रहों की कक्षाओं के परिमाण एक विशेष क्रम में थे।
यदि तुम पृथ्वी की कक्षा के १/१० वें हिस्से को मापने की इकाई के रूप में लो तो ग्रहों की कक्षाओं के परिमाण लगभग पूर्ण संख्याएं (इन्टिजर) हैं। बढ़ते हुए क्रम में ये हैं ४, ७, १०, १६, ५२ और १००.
कितनी मज़ेदार बात है! और अगर तुम इस क्रम के हर पूर्णांक में से ४ घटा दो और फिर ३ से भाग दो, तो तुम्हें एक नया क्रम मिलता है - ०, १, २, ४, १६, ३२
स्पष्ट रूप से इतना सरल क्रम मुश्किल से ही संयोग हो सकता है। खगोलविदो को पूरा विश्वास था कि यह क्रम ग्रहों की कक्षाओं द्वारा पालन किया गया एक नियम था जिससे केवल संख्या 8 लुप्त थी।
लुप्त संख्या से तुम्हारा क्या मतलब है? हम वह ग्रह नहीं ढूंढ पाए हैं। बस।
सवाल यह है कि कौन उसे सबसे पहले ढूंढ पाता है।
1781 में विलियम हर्शेल, एक शौकिया खगोलविज्ञानी, ने एक नया ग्रह ढूंढा। उसका नाम यूरेनस रखा गया। मज़े की बात यह है कि उसकी कक्षा बृहस्पति की कक्षा के अंदर नहीं थी जहाँ पर लुप्त ग्रह की तलाश चल रही थी, बल्कि शनि से काफी आगे थी।
तो क्या हुआ यदि वह हमारा लुप्त ग्रह नहीं है?
लेकिन देखो! यह भी उसी क्रम में है। यह शनि से अगला है, और ६४ की संख्या से मेल खाता है।
यह तथ्य, कि नये खोजे ग्रह यूरेनस की कक्षा भी नियम का पालन करती है, ने बहुत उत्साहित किया। इसके कारण 8 संख्या से मेल खाते लुप्त ग्रह की खोज तेज हो गई।
1801 में एक इतालबी खगोलविद ग्यूसेप पियाजी ने एक छोटे से पिंड को लुप्त ग्रह के क्षेत्र में घूमते हुए पाया। इसी क्षेत्र में तीन अन्य छोटे-छोटे पिंड अगले कुछ सालों में पाए गए।
मुझे लगता है कि ये लुप्त ग्रह के टुकड़े हैं जो कि किसी खगोलीय दुर्घटना के कारण चूर चूर हो गया होगा।
अच्छा, अगर ऐसा है तो ऐसे टुकड़े और भी होंगे। इन्हें हम क्षुद्र ग्रह (एसटेरॉयड) कहेंगे।
१८९१ तक ३०० से ज्यादा क्षुद्र ग्रह ढूंढ लिये गए थे। ये सभी लुप्त ग्रह के क्षेत्र में ही सूर्य की परिक्रमा करते थे, जो कि क्रम में ८ से अंक से मेल खाता था।
आज भी कोई नहीं जानता कि क्षुद्र ग्रहों की उत्पत्ति कैसे हुई एक अधिक स्वीकृत राय यह है कि बृहस्पति के विनाशकारी खिंचाव ने इन टुकड़ों को एक ग्रह बनाने नहीं दिया।

यूरेनस की गति काफी हैरान करने वाली थी।
मैंने सब कुछ हिसाब में ले लिया है। पर फिर भी यूरेनस अनुमानित पथ से भटकता रहता है।
हो सकता है कि न्यूटन के नियम इतनी बड़ी दूरियों के लिये लागू नहीं होते हों।
बेशक, सौर मंडल के सिरे पर न्यूटन के सिद्धान्तों की सत्यता पर सवाल उठाया जा सकता था, या ...
शायद हमने हर चीज को ध्यान में नहीं लिया है जो हमें लेनी चाहिये। हो सकता है कि एक और ग्रह हो जो हमने अभी तक देखा नहीं है, जो यूरेनस को अपने पथ से खींचता रहता हो?
IN THE 1840S, TWO BRIGHT MATHEMATICIANS, JOHN COUCH ADAMS AND URBAIN LE VERRIER, SET TO WORK INDEPENDENTLY.
Suppose there is an unseen object that is pulling Uranus out of its track.
यह मानते हुए कि न्यूटन के सिद्धान्त सच्चे हैं, दोनों गणितज्ञ गणना करते रहे और एक ठोस निष्कर्ष पर पहुंचे।
ठीक यहाँ के आसपास एक ग्रह होना ही चाहिये।
ठीक यहाँ के आसपास एक ग्रह होना ही चाहिये।
1846 में, एक नया ग्रह अपनी कक्षा पर घूमता पाया गया, बिल्कुल जैसी जेम्स व जोन्स ने भविष्यवाणी की थी।
यह कितना रोमांचक है! मैं अब कभी भी न्यूटोनियम भौतिकी पर शुबहा नहीं करूंगा।
नेपच्यून की खोज (जो कि नए खोजे ग्रह का नाम रखा गया था) न्यूटोनियम भौतिकी की सर्वोत्तम उपलब्धि थी।
कमाल है! गणितज्ञों का एक युगल, केवल अपनी डेस्क पर बैठ कर एक अनदेखे ग्रह की स्थिति की, सुई की नोक जितनी शुद्धता तक पूर्वसूचना दे सकता है।
कमाल है! गणितज्ञों का एक युगल, केवल अपनी डेस्क पर बैठ कर एक अनदेखे ग्रह की स्थिति की, सुई की नोक जितनी शुद्धता तक पूर्वसूचना दे सकता है। नेपच्यून की पूर्वसूचना और खोज बेशक नाटकीय थी, पर तब भी उसका अस्तित्व पूरी तरह यूरेनस के पथ के भटकाव का उत्तरदायी नहीं हो सकता था। एक छोटा सा अंतर जो अभी भी पहेली बना हुआ था, को एक अन्य अनदेखे ग्रह की कारस्तानी माना गया। 1930 में एक नन्हा पिंड (हमारे चंद्रमा के आकार का पांचवा हिस्सा) लगभग वहीं पाया गया जाहिर है, खगोलविज्ञानी सौर मंडल के इस नवें ग्रह की स्थिति का अन्दाजा लगाने लगे। जहां भविष्यवाणी ने इंगित किया था। उसका नाम प्लूटो रखा गया।
आज हम जानते हैं कि प्लूटो यूरेनस के पथ में कोई भी दिखने योग्य अंतर ला पाने के लिये बहुत ही छोटा है। इस पथ में जो अनुमानित तथा देखा गया अंतर था वह नेपच्यून ठीक वहीं पाया गया जहां एक गलत गणना ने उसके पाए जाने का पूर्वानुमान लगाया था।
2006 से प्लूटो को ग्रह का दर्जा नहीं देना बन्द कर दिया गया, बल्कि बहुत से बौने ग्रहों में एक माना गया जो नेपच्यून से परे सूर्य की परिक्रमा करते हैं।

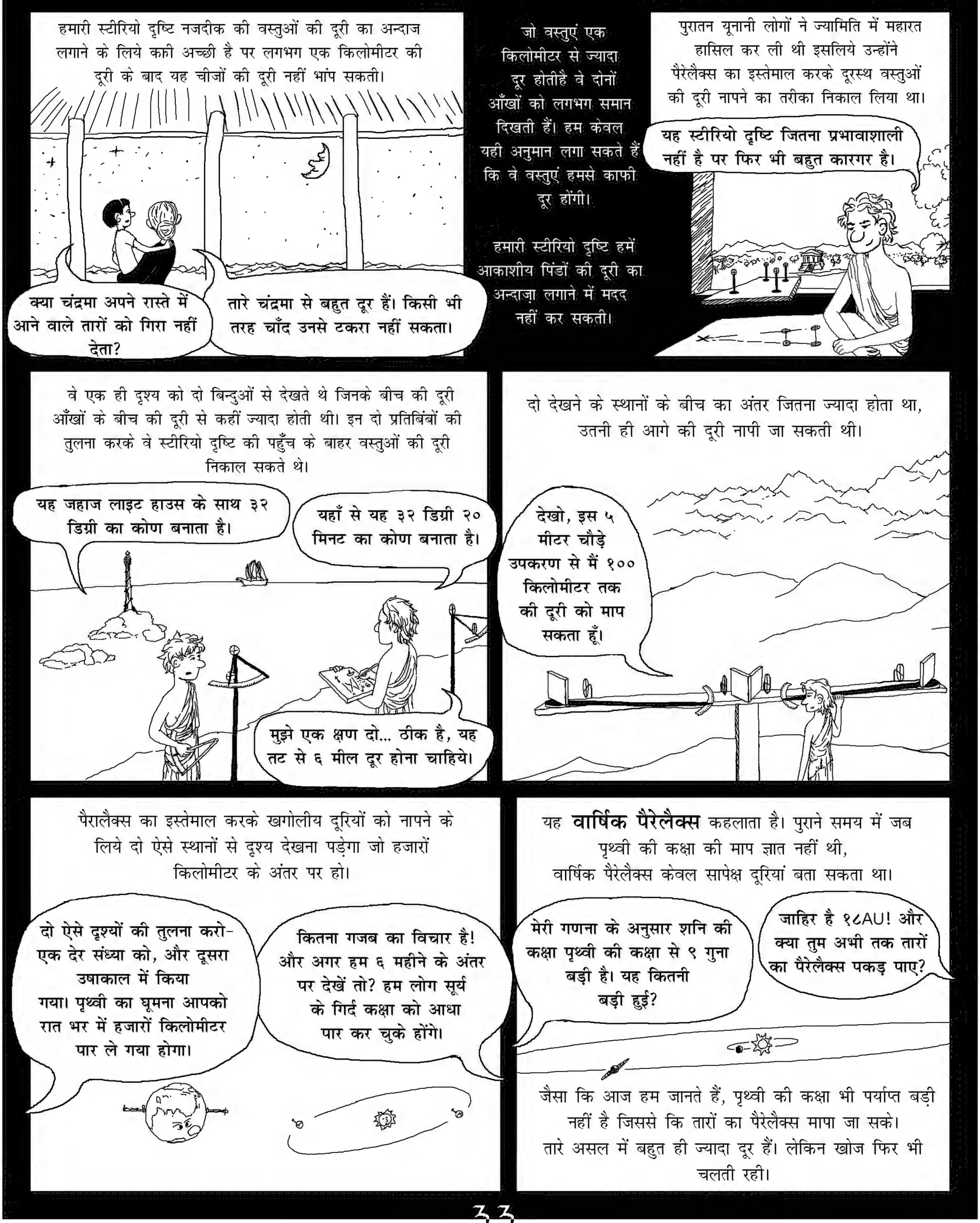
न्यूटन की भौतिकी पूरे 200 साल तक फलती फूलती रही।
अगर इसकी टोलॅमी के १५०० सालों के आधिपत्य से तुलना करें तो यह कुछ नहीं लगता पर इन २०० सालों में न्यूटन के सिद्धान्त ने मानव को ज्ञात ज्यादातर सभी भौतिक घटनाओं की व्याख्या कर डाली थी।
नेपच्यून की खोज के बाद एक अन्य अनहोनी वस्तु ने खगोलविज्ञानियों का ध्यान खींचा। यह थी बुध की कक्षा।
See how Mercury's orbit keeps turning? This can't be explained by the combined pull of all the other known planets.
Are you suggesting that there is another planet like Neptune yet undiscovered?
Some people thought that there was a planet with a tiny orbit which evaded sighting because of the Sun's glare. The fictitious planet was named Vulcan.
I swear I saw Vulcan yesterday. Don't know where it's hiding now.
Numerous false sightings of Vulcan were reported, but never proved.
In 1915 the famous German physicist Albert Einstein came up with a new theory of gravitation called the General Theory of Relativity. It was a completely new way of looking at gravity. According to Einstein's theory, Newtonian theory of celestial mechanics was only approximately correct.
Wait a minute. According to Einstein, all elliptical orbits precess like that of Mercury.
Mercury's precession matches with Einstein's theory perfectly. I have gone through the calculations myself.
Einstein's General Theory of Relativity eliminated the need to look for another planet. Vulcan remained fictitious.
Newton's theory failed here. Thanks to Einstein, we were saved in time.
It would have been cool to have a new planet though. I kind of liked the name Vulcan.
That Newton's theory was only approximate was hard to swallow, but the evidence was compelling. Moreover Einstein's theory was radically beautiful. According to Einstein, space and time were interwoven into a fabric. He said that gravity was not a force at all but a force-like illusion caused by the space-time fabric which bent paths of freely moving objects.
Einstein argued that the space-time fabric that bends paths of objects also bends the path of light. This phenomenon known as gravitational lensing was carefully measured and it matched well with Einstein's calculations. The General Theory of Relativity was slowly accepted as a superior theory for understanding celestial mechanics.
Einstein's theory of gravitation has stood its ground for almost a century. It is still the best theory available to explain celestial motion.

केपलर ने खगोलीय गति के मौलिक स्वरूप का आकलन कर लिया था। न्यूटन के ओजस्वी गणित ने उसका भौतिक यांत्रिक पक्ष उजागर कर दिया था।
इससे ग्रहों के बारे में तो पता चल गया पर उन सब तारों के विषय में?
ओह... मैं तारों के बारे में उससे बेहतर अनुमान लगा सकता हूं जितना तुम ग्रहों के बारे में लगा सकते हो। तारे हमेशा ऐसे ही जड़े रहेंगे।
खगोलविज्ञान के इतिहास की शुरूआत से ही, दो विचार ज्यादा बदले नहीं थे...
तारे खूबसूरत नन्हीं वस्तुएं हैं, हैं न?
हाँ। और वे एक विशालकाय मंडल के अंदर जड़े हुए हैं।
तारों का निश्चित पैटर्न वह नींव थी जिसके ऊपर ग्रहों का पूरा का पूरा अध्ययन आधारित था पर तारे अपने आप में मनुष्य के दिमाग को अचम्भित करने में असफल रहे थे।
तारे खूबसूरत है, पर ऊबाऊ।
लेकिन वे हैं बड़े उपयोगी।
तारे पृथ्वी से कितनी दूरी पर हैं? यह सबसे पहला कुदरती सवाल था। पर किसी के पास कोई सुराग तक न था।
तारे कितनी दूर हैं? क्या तुम मेरे लिये एक तोड़ कर गिरा सकते हो?
पता नहीं। हालांकि एक बार निशाना लगाकर तो जरूर देखना चाहिये। मुझे ज़रा एक पत्थर देना।
किसी भी प्रकार के देखे गए सबूत नहीं थे जिनसे कि तारों की पृथ्वी से दूरी का जायजा लिया जा सके। खगोल विज्ञानी अपनी अटकलें लगाते रहे। लगभग हर तरह की बातें कही गईं।
तारामंडल सारे ग्रहों से परे है। अन्यथा ग्रह उससे टकरा नहीं जाते?
मैं तुमसे सहमत हूं। पर मैं तारों को शनि, सबसे दूरस्थ ग्रह के जरा सा आगे रखूंगा।
सबसे बड़ा सुराग मिला कॉपरलिकस के सूर्य केन्द्रीय सिद्धान्त से।
यदि पृथ्वी सूर्य की परिक्रमा करते समय एक भारी दूरी तय करती है, तो ऐसा क्यों है कि इस पैटर्न में हमें कोई पैरेलैक्स नज़र नहीं आता?
यह बात मुझे भी परेशान करती है। हो सकता है कि पृथ्वी की कक्षा तारों की असीम दूरी के सामने ज़रा से कण के बराबर हो।
* पैरेलैक्स क्या है?

पैरेलैक्स क्या है?

क्या तुमने कभी खिड़की से दिखने वाले दृश्य के खिसकने पर ध्यान दिया है, जब तुम अपने सिर को दाएं बाएं हिलाते हो?
अवश्य ही यह एक दृष्टिभ्रम है।
वास्तव में, यह एक दृष्टिभ्रम ही है। इसे ही **पैरेलैक्स** कहते हैं।
पैरेलैक्स असल में नजदीक और दूर की वस्तुओं के बारे में है। अगर तुम अपना देखने का स्थान बदल दो तो दृश्य की चीजें अपने आपेक्षिक स्थान भी बदल देती हैं। यह बदलाव तुमसे दूरी पर निर्भर करता है।
हां। पहाड़ी की चोटी, पेड़ और घोड़ा सभी ज्यादा पास आते लगते हैं या आपस में दूर हो जाते हैं जब मैं अपना सिर किनारे की ओर हिलाती हूं।
लेकिन पेड़ और उसके नीचे चरने वाली गाय दोनों एक साथ हिलते दिखते हैं।
यहां तक कि हमारी दो आँखें भी दो भिन्न प्रतिबिम्ब देखती हैं क्योंकि वे संसार को दो भिन्न स्थानों से देख रही हैं।
क्या होता है यदि मैं एक दृश्य को केवल एक आँख से देखूं और फिर दूसरी से?
हैरानी की बात नहीं है कि आँखें बदलने से वैसा ही प्रभाव दिखता है जैसा अपना सिर दाएं बाएं हिलाने से।
पैरेलैक्स बहुत उपयोगी है। वस्तुओं का आपेक्षिक स्थान जितना ज्यादा या कम बदलता है, हमें उनकी अपने से दूरी का अन्दाज़ देता है।
क्या तुम पैरेलैक्स का इस्तेमाल करके दूरी बता सकती हो?
बिल्कुल बता सकती हूं। और तुम भी बता सकते हो। असल में हम सब इसके विशेषज्ञ हैं।
एक आँख बन्द करो और फिर मेरी उंगली की नोक को अपनी उंगली से छुओ और अब यही चीज़ अपनी दोनों आँखें खुली रखकर करो।
अपने दोनों अंगूठे अपने चेहरे के सामने रखो, एक पास में और दूसरा उससे दूर। अब बारी-बारी से अपनी दोनों आंखें खोलो व बंद करो।
देखो मेरा बायां अंगूठा किस प्रकार मेरे दाएं अंगूठे की बाईं ओर है, जब मैं अपनी बाईं आँख से देखती हूं?
लेकिन जैसे ही मैं अपनी दाहिनी आंख से देखने लगती हूं, यह अंगूठा दाएं अंगूठे की दाहिनी ओर खिसक जाता है।
यह पैरेलैक्स बड़ा उलझाने वाला है।
लेकिन फिर भी उपयोगी है।
हमारी दो आँखों से बने दो प्रतिबिम्ब हमारे दिमाग द्वारा इस प्रकार इस्तेमाल (प्रॉसैस) किये जाते हैं जिससे हम वस्तुओं की दूरी बता सकते हैं। दो प्रतिबिंबों को इस प्रकार मिलाना, जिसे **स्टीरियो दृष्टि** कहते हैं, हमें दुनिया का एक तीन आयामी चित्र दिखाता है।
ऊपर की दोनों खिड़कियों के बीच के एक बिन्दु पर नज़र फोकस करो। अब अपने फोकस के बिन्दु को अपने से दूर करते जाओ पृष्ठ के अंदर की ओर जब तक तुम्हें ठीक 3 खिड़कियां न नज़र आने लगे। तुम्हें बीच वाली खिड़की में क्या दिखता है?

वार्षिक पैरेलैक्स



हमारी स्टीरियो दृष्टि नजदीक की वस्तुओं की दूरी का अन्दाज लगाने के लिये काफी अच्छी है पर लगभग एक किलोमीटर की दूरी के बाद यह चीजों की दूरी नहीं भांप सकती।
क्या चंद्रमा अपने रास्ते में आने वाले तारों को गिरा नहीं देता?
तारे चंद्रमा से बहुत दूर हैं। किसी भी तरह चाँद उनसे टकरा नहीं सकता।
जो वस्तुएं एक किलोमीटर से ज्यादा दूर होतीहै वे दोनों आँखों को लगभग समान दिखती हैं। हम केवल यही अनुमान लगा सकते हैं कि वे वस्तुएं हमसे काफी दूर होंगी।
हमारी स्टीरियो दृष्टि हमें आकाशीय पिंडों की दूरी का अन्दाजा लगाने में मदद नहीं कर सकती।
पुरातन यूनानी लोगों ने ज्यामिति में महारत हासिल कर ली थी इसलिये उन्होंने पैरेलैक्स का इस्तेमाल करके दूरस्थ वस्तुओं की दूरी नापने का तरीका निकाल लिया था।
यह स्टीरियो दृष्टि जितना प्रभावाशाली नहीं है पर फिर भी बहुत कारगर है।
वे एक ही दृश्य को दो बिन्दुओं से देखते थे जिनके बीच की दूरी आँखों के बीच की दूरी से कहीं ज्यादा होती थी। इन दो प्रतिबिंबों की तुलना करके वे स्टीरियो दृष्टि की पहुँच के बाहर वस्तुओं की दूरी निकाल सकते थे।
यह जहाज लाइट हाउस के साथ ३२ डिग्री का कोण बनाता है।
यहाँ से यह ३२ डिग्री २० मिनट का कोण बनाता है।
मुझे एक क्षण दो... ठीक है, यह तट से ६ मील दूर होना चाहिये।
दो देखने के स्थानों के बीच का अंतर जितना ज्यादा होता था, उतनी ही आगे की दूरी नापी जा सकती थी।
देखो, इस ५ मीटर चौड़े उपकरण से मैं १०० किलोमीटर तक की दूरी को माप सकता हूँ।
पैरालैक्स का इस्तेमाल करके खगोलीय दूरियों को नापने के लिये दो ऐसे स्थानों से दृश्य देखना पड़ेगा जो हजारों किलोमीटर के अंतर पर हो।
दो ऐसे दृश्यों की तुलना करो- एक देर संध्या को, और दूसरा उषाकाल में किया गया। पृथ्वी का घूमना आपको रात भर में हजारों किलोमीटर पार ले गया होगा।
कितना गजब का विचार है! और अगर हम ६ महीने के अंतर पर देखें तो? हम लोग सूर्य के गिर्द कक्षा को आधा पार कर चुके होंगे।
यह वार्षिक पैरेलैक्स कहलाता है। पुराने समय में जब पृथ्वी की कक्षा की माप ज्ञात नहीं थी, वार्षिक पैरेलैक्स केवल सापेक्ष दूरियां बता सकता था।
मेरी गणना के अनुसार शनि की कक्षा पृथ्वी की कक्षा से ९ गुना बड़ी है। यह कितनी बड़ी हुई?
जाहिर है १८AU! और क्या तुम अभी तक तारों का पैरेलैक्स पकड़ पाए?
जैसा कि आज हम जानते हैं, पृथ्वी की कक्षा भी पर्याप्त बड़ी नहीं है जिससे कि तारों का पैरेलैक्स मापा जा सके। तारे असल में बहुत ही ज्यादा दूर हैं। लेकिन खोज फिर भी चलती रही।

तारों में हरकतें

आखिर में तारों में होने वाली अजीबोगरीब हरकतों के कारण खगोलविज्ञानियों का ध्यान तारों की ओर गया।
कितना चमकदार तारा है! मैं शर्त लगा सकता हूँ कि यह कल यहां नहीं था।
पर मैं तो सोचता था कि तारामंडल कभी बदलता नहीं।
टाइको ने 1572 में एक चमकीला तारा खोजा। उसको **नोवा** कहा गया, यानी नया तारा।
हे... वह नोवा कहां चला गया?
ऐसा लगता है जहां से आया था वहीं चला गया।
आने वाले दशकों में कई नोवा देखे गए। कई थोड़े से दिनों बाद गायब हो गए। कुछ बार-बार उभरते और लुप्त होते रहे।
तारों में होती इस हलचल ने खगोलविज्ञानियों का ध्यान खींचा। इसमें नए आविष्कार टेलीस्कोप के कारण बड़ा फर्क पड़ा।
यह कोई खास बात है। तारों की चमक घटती बढ़ती रहती है।
कम से कम कुछ की।
अभी तक खगोलविदों ने तारों की गतिविधियों को कैसे अनदेखा कर दिया था? पहली बात, कोई भी चमकीले सितारे बदलते नहीं थे। इसलिये टेलीस्कोप के पहले, तारों की चमक में बदलाव को देख पाना कठिन था। यही नहीं, टोलॅमी के दिनों से ऐसा माना जाता था कि तारामंडल बिल्कुल स्थिर रहता है। इन न बदलने वाले तारों को देखने में समय क्यों नष्ट किया जाये? खैर, नोवा ने यह सब बदल दिया। अब खगोलविज्ञानी फिर से तारों का अध्ययन करने लगे थे।
और एक बार वैज्ञानिकों ने तारों में गतिविधियां खोजनी चालू कीं, तो उन्हें जल्दी ही ढेर सारी दिखने लगीं। ब्रह्माण्ड बदलते हुए तारों से भरा पड़ा था।
कुछ तारों में अनियमित बदलाव आते थे, जबकि कुछ नियमित कालान्तर पर बदलाव दिखाते थे। अंतरिक्ष में कुछ अवश्य ही घट रहा था। तारों में होती गतिविधियों ने वैज्ञानिक समुदाय को उत्साहित कर दिया। बहुत से खगोलविदों ने अपनी अपनी व्याख्याएं पेश कीं।
सितारे सूर्य की तरह ही हैं, केवल दूर हैं।
और किसी प्रकार के धब्बे (जैसे सूर्य पर होते हैं) तारों को कभी कभी धुंधला कर
शायद तारों के भी परिक्रमा करने वाले ग्रह हों जो समय समय पर उनपर ग्रहण लगा देते हों।
मैंने दो तारे खोजे हैं जो एक दूसरे की परिक्रमा कर रहे हैं, वह भी दीर्घवत्तीय कक्षाओं में।

यह तो सचमुच दूर है।

तारों में पैरेलैक्स को ढूंढ पाना हमेशा ही निराशाजनक रहा। लेकिन इस बीच, दूसरी तरह से प्रगति हुई।
जब दूरियां नापनी हों, तो पैरेलैक्स जैसा कुछ नहीं।
बेशक। लेकिन जिंदगी को तो आगे बढ़ना ही है। संसार में बहुत सी दूसरी चीजें भी हैं।
1650 के मध्य डच भौतिक विज्ञानी क्रिश्चियान हायगैन्स ने सिरियस तारे और पृथ्वी के बीच दूरी का अनुमान लगाया।
अगर यह मानें कि सिरियस बिल्कुल सूर्य जैसा ही है, तो उसे कितनी दूर होना पड़ेगा, जिससे वह उतना चमकीला दिखे जितना अभी दिखता है?
मेरे विचार से सूर्य से ३०,००० गुने दूर। अब, इसकी तो कल्पना करना भी कठिन है।
हायगैन्स का अनुमान निराधार था, और उसका तरीका बहुत अनगढ़ था। खगोलविज्ञानी यह भी नहीं जानते थे कि सूर्य असल में कितना दूर है। लेकिन हायगैन्स के अनुमान से लोगों को ब्रह्माण्ड की विशालता का अहसास होने लगा था।
इसी तरह के अनुमानों पर न्यूटन ने भी सिरियस की दूरी का अन्दाजा लगाया था।
अगर मेरी गणनाएं सही हैं, तो सिरियस सूर्य से दस लाख गुने दूर है।
यह तो अकल्पनीय है।
केवल न्यूटन की छोटी सी मित्र मंडली को ही इस अनुमान का पता था। वे हतप्रभ थे।
1671 में गियोवानी कैसीनी, एक फ्रांसीसी इतालवी खगोल विज्ञानी ने पृथ्वी और मंगल ग्रह के बीच दूरी का पता लगाया।
इसका अर्थ समझते हो? अब हम सौर मंडल की सभी दूरियों की गणना कर सकते हैं।
क्योंकि हम इन दूरियों के बीच अर्न्तसम्बन्ध को पहले से ही जानते हैं?
सूर्य हमसे १५०,०००,००० किलोमीटर दूर है? भाग जाओ यहां से।
और जरा कल्पना करो शनि की कक्षा कितनी चौड़ी है। २,०००,०००,००० किलोमीटर से भी ज्यादा!
15 करोड़ किमी। 2 अरब किमी? ये दूरियां तो दिमाग चकराने वाली थीं।
यदि हमारा सूर्य और उसके ग्रह-सौर मंडल ही इतना विशालकाय था, तो फिर तारामंडल कितना विराट होगा? न्यूटन ने अनुमान लगाया कि तारों का गोला अविश्वसनीय 2,000,000,000,000,000 किलोमीटर बड़ा है।
क्या जैसा माना जाता था, सारे तारे एक ही गोले पर जड़े हुए थे? या फिर अपनी अपनी चमक के अनुसार हमसे अलग अलग दूरियों पर बिखरे हुए थे? यदि ऐसा था, तो फिर ब्रह्माण्ड कितना विराट होगा?

खगोलीय इकाई

सब लोगों ने माना कि संसार विराट है। लेकिन यह कितना विशाल है? पूरे इतिहार में लोगों में अलग अलग विश्वास प्रचलित रहे हैं।
संसार बहुत महाकाय है। इसके अंत तक पहुंचने के लिये तुम्हें १००० दिनों तक सीधे चलते रहना होगा।
सचमुच? जैसा वो लोग कहते हैं, पृथ्वी एक गेंद है जिसका कोई सिरा नहीं, और ब्रह्माण्ड हर ओर दसियों लाख किलोमीटर तक विस्तृत है।
क्या हमारा सौर मंडल आकाश गंगा में केवल एक रेत के कण के समान नहीं?
इतिहास में कई बार लोग इस निष्कर्ष पर पहुंचे कि ब्रह्माण्ड को जितना बड़ा माना जाता रहा है, वह उससे कहीं ज्यादा बड़ा है। और हर बार ब्रह्माण्ड ने उनकी कल्पना को चुनौती दी।
सूर्य हमसे १५०,०००,००० किलोमीटर दूर है? यह असल में कितना दूर हुआ?
यह मेरी समझ से बाहर है। मैं इसकी कल्पना नहीं कर सकता। ऊपर से शून्यों की संख्या गिनने में मैं बिल्कुल ही बेकार हूं।
सभी भौतिक वस्तुओं की तरह, दूरी को किसी मानक के सन्दर्भ में ही व्यक्त किया जा सकता है। आमतौर पर एक ज्ञात दूरी यानि एक इकाई को अन्य दूरियां नापने के लिये प्रयोग किया जाता है।
यह बंदरगाह बहुत फैला हुआ है यह कम से कम ५००० अंगूठे की लम्बाई के बराबर है।
भगवान के लिये कोलम्बस, क्या तुम जहाजों की लम्बाई के अनुसार नहीं बात कर सकते?
परिस्थिति के अनुसार, कुछ इकाइयां दूसरों से ज्यादा सटीक बैठती थीं।
६० इंच? असम्भव!
और इसकी ऊंचाई प्रभावशाली है-७२ मीटर।
बीजिंग के लिये अभी कितने मील बाकी हैं?
जब सौर मंडल का विश्लेषण हो रहा था, तब सूर्य और पृथ्वी के बीच की दूरी को इस प्रकार की दूरियां व्यक्त करने के लिये एक कुदरती इकाई माना गया। इस दूरी को खगोलीय इकाई (एस्ट्रोनॉमिकल यूनिट)या AU कहा गया।
क्या तुम जानते हो कि पृथ्वी की कक्षा का व्यास २ AU है?
जाहिर तथ्यों को मत दोहराएं श्रीमान। क्या आप जानते हैं कि शनि की कक्षा १८ AU चौड़ी है?
Solar System
मजेदार बात यह है कि जब इसका उपयोग होना शुरू हुआ, AU की इकाई की खुद की माप ज्ञात नहीं थी। पर क्योंकि सौर मंडल में दूरियों के अनुपात निकाले जा चुके थे, AU ने अपना काम पूरा कर दिया। बाद में, 1672 में AU की असल माप मीलों में निकाली गई। उसके बाद से सौर मंडल के लिये AU एक कुदरती इकाई के रूप में इस्तेमाल की जाती रही है।
या खुदा! एक AU १५०,०००,००० किलोमीटर बड़ी होती है! इसका अर्थ है कि सौर मंडल २,७००,०००,००० किलोमीटर बड़ा है।
हाँ, यह बहुत महान दूरी है। लेकिन फिर भी यह १८ AU है, है न?
*17वीं सदी में सौर मंडल शनि पर खत्म हो जाता था।

प्रकाश वर्ष

अर्न्तग्रहीय दूरियों के लिये AU ने एक कुदरती इकाई के रूप में बढ़िया काम किया। पर जहां तारों के संसार की बात थी, तो क्या यह काफी थी?
क्या तुमने सुना? आकाश गंगा १,०००,०००,००० AU चौड़ी है।
मुझे ऐसी दूरियां न समझ आती हैं, न कल्पना की जाती है। तुम्हें पता ही है कि शून्य गिनने में मेरा हाल कितना बुरा है।
बहुत जल्दी एक नई इकाई खोजने की जरूरत थी जो सुदूर तारों की दूरियों को व्यक्त कर सके।
वह क्या होगी?
इंसान सदा ही हृदय से मुसाफिर रहा है। हमारे शुरुआती धुमक्कड़ दिनों से हम दूरी को, सफर करने के समय से नापते आए हैं।
गिज़ा का पिरामिड यहाँ से कितन दूर है?
केवल ३ दिन का पैदल रास्ता है।
तब तो मेरे लिये तीन घंटे का होगा। ज्यादा नहीं है।
सफर की अवधि को दूरी बताने के लिये इस्तेमाल करना आज भी फैशन में है। ...
यहाँ से केवल दो घंटे।
* इस संदर्भ में बस के द्वारा।
क्या हम खगोलीय दूरियों को यात्रा के समय के रूप में बता सकते हैं?
कहीं कि तुम अभी से अंतरिक्ष यात्रा की बात तो नहीं सोच रहे?
बेवकूफी की बात मत करो। हम अंतरिक्ष में यात्रा कैसे कर सकते हैं? पर एक चीज़ है जो करती है।
अगर कोई एक चीज थी जो पूरे विश्व का भ्रमण करती थी, और हम उससे परिचित भी थे, तो वह थी - **प्रकाश**।
प्रकाश बेहद तीव्र गति से चलता है। वैज्ञानिकों ने प्रयोग बनाए जिससे कि पता चल सके कि वह कितनी तेज़ चलता है।
बृहस्पति की छाया उसके चंद्रमाओं पर देखकर मैंने यह आकलन किया है कि सूर्य की रोशनी को पृथ्वी तक पहुंचने में ८ मिनट लगते है।
यह तो बेतहाशा तेज़ हैं। और इसका अर्थ यह भी है कि प्रकाश को सिरियस से पृथ्वी तक पहुंचने में आठ साल लगेंगे।
उफ... यह तो बेइन्तहा दूर है।
प्रकाश द्वारा अन्तरिक्ष में यात्रा करते हुए पूरे एक साल में नापी हुई दूरी को एक प्रकाश वर्ष कहते हैं। जल्दी ही तारों की दूरियों को मापने के लिये यह एक सुविधाजनक इकाई बन गई।
यह रही ताज़ा खबर। आकाशगंगा की चौड़ाई १००,००० प्रकाशवर्ष है।
यह भी दिमाग चकराने वाली दूरी है। पर अब मैं कम से कम शून्यों की गिनती तो रख सकता हूँ।
प्रकाश एक इकलौते सेकेंड में पृथ्वी के 7 चक्कर लगा सकता है। क्या तुम अन्दाजा लगा सकते हो कि एक पूरे वर्ष में यह कितनी दूर यात्रा करता है। यह होगा, लगभग 9,000,000,000,000 किलोमीटर या 60,000 AU

अन्ततः तारों का पैरेलैक्स

गैलैक्सी का संसार

आकाश गंगा अपने यूनानी नाम गैलेक्सी द्वारा लोकप्रिय हो गई।

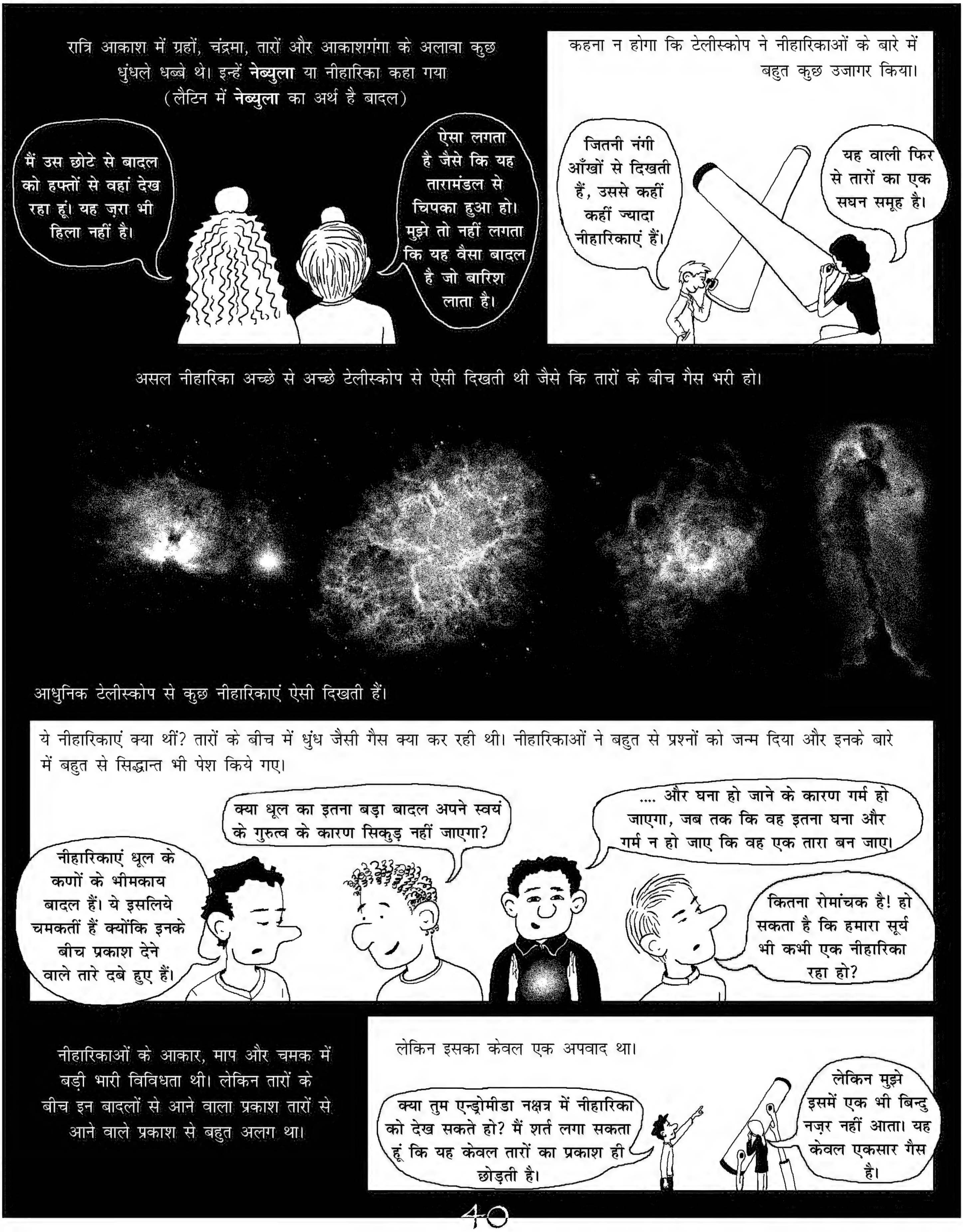
हर्शेल को कोई अन्दाजा नहीं था कि गैलेक्सी कितनी बड़ी है। उसे गलत विश्वास था कि सौर मंडल गैलेक्सी के केन्द्र में है।
लेकिन महत्वपूर्ण बात यह थी कि हर्शेल ने ज्ञात ब्रह्माण्ड का बड़े स्तर पर ढाँचा खोज लिया था।

गैलेक्सी का एक सामान्य तारा था। अरबों तारों से भरी तश्तरी के आकार की गैलेक्सी ही ब्रह्माण्ड थी और सूर्य इस ब्रह्माण्ड का यही चित्र 150 साल तक बना रहा।

इसके विपरीत, गैलेक्सी के परिमाण के शुरुआती अनुमान असल में सत्य से काफी नीचे थे। ज्यादा शक्तिशाली टेलीस्कोपों और नई खोजों ने दर्शाया कि आकाश गंगा असल में पहले जितनी आंकी गई थी, उससे कहीं ज्यादा बड़ी थी।

मौजूदा आकलनों के अनुसार, आकाशगंगा में 200,000,000,000 से अधिक तारे एक विराट तश्तरी के रूप में बिखरे हैं-जो 100,000 प्रकाश वर्ष चौड़ी है और इसका बीच का फूला हुआ हिस्सा 10,000 प्रकाश वर्ष मोटा है।

और हमारा खुद का सौर मंडल इसके केन्द्र और किनारे के बीच में कहीं स्थित है।


रात्रि आकाश में ग्रहों, चंद्रमा, तारों और आकाशगंगा के अलावा कुछ धुंधले धब्बे थे। इन्हें **नेब्युला** या नीहारिका कहा गया (लैटिन में **नेब्युला** का अर्थ है बादल)
मैं उस छोटे से बादल को हफ्तों से वहां देख रहा हूं। यह ज़रा भी हिला नहीं है।
ऐसा लगता है जैसे कि यह तारामंडल से चिपका हुआ हो। मुझे तो नहीं लगता कि यह वैसा बादल है जो बारिश लाता है।
कहना न होगा कि टेलीस्कोप ने नीहारिकाओं के बारे में बहुत कुछ उजागर किया।
जितनी नंगी आँखों से दिखती हैं, उससे कहीं कहीं ज्यादा नीहारिकाएं हैं।
यह वाली फिर से तारों का एक सघन समूह है।
असल नीहारिका अच्छे से अच्छे टेलीस्कोप से ऐसी दिखती थी जैसे कि तारों के बीच गैस भरी हो।
आधुनिक टेलीस्कोप से कुछ नीहारिकाएं ऐसी दिखती हैं।
ये नीहारिकाएं क्या थीं? तारों के बीच में धुंध जैसी गैस क्या कर रही थी। नीहारिकाओं ने बहुत से प्रश्नों को जन्म दिया और इनके बारे में बहुत से सिद्धान्त भी पेश किये गए।
नीहारिकाएं धूल के कणों के भीमकाय बादल हैं। ये इसलिये चमकतीं हैं क्योंकि इनके बीच प्रकाश देने वाले तारे दबे हुए हैं।
क्या धूल का इतना बड़ा बादल अपने स्वयं के गुरुत्व के कारण सिकुड़ नहीं जाएगा?
.... और घना हो जाने के कारण गर्म हो जाएगा, जब तक कि वह इतना घना और गर्म न हो जाए कि वह एक तारा बन जाए।
कितना रोमांचक है! हो सकता है कि हमारा सूर्य भी कभी एक नीहारिका रहा हो?
नीहारिकाओं के आकार, माप और चमक में बड़ी भारी विविधता थी। लेकिन तारों के बीच इन बादलों से आने वाला प्रकाश तारों से आने वाले प्रकाश से बहुत अलग था।
लेकिन इसका केवल एक अपवाद था।
क्या तुम एन्ड्रोमीडा नक्षत्र में नीहारिका को देख सकते हो? मैं शर्त लगा सकता हूं कि यह केवल तारों का प्रकाश ही छोड़ती है।
लेकिन मुझे इसमें एक भी बिन्दु नज़र नहीं आता। यह केवल एकसार गैस है।

ऐन्ड्रीमीडा नेब्युला

ऐन्ड्रोमीडा नक्षत्र में जो नीहारिका स्थित थी उसे **एन्ड्रोमीडा नेब्युला** का नाम दिया गया।
अरे! मुझे वहां एक बिन्दु दिख रहा है। मुझे हैरानी है कि इसे पहले किसी ने क्यों नहीं देखा।
लेकिन वह नन्हा बिन्दु जल्दी ही गायब हो गया।
मुझे कुछ नहीं दिखता। यह तो केवल सादी गैस है। शायद तुमने कल्पना की हो।
मैं सोचता हूं कि तब कहीं यह नोवा न हो?
आने वाले दशकों में ऐन्ड्रोमीडा नेब्युला में बहुत से अल्पकालीन बिन्दु देखे गए।
क्या ये नोवा नीहारिका के बीच स्थित हैं? या फिर ये संयोग से दृष्टि की उसी दिशा में स्थित हैं?
अवश्य ही यह पता लगाने का कोई तरीका होगा।
हेबर कर्टिस, एक अमरीकी खगोल विज्ञानी, ने पूरे आकाश में नोवो की स्थितियों का अध्ययन किया और एक निष्कर्ष पर पहुंचा।
आकाश के उस छोटे क्षेत्र में कुछ ज्यादा ही नोवे नज़र आ रहे हैं।
तो ये नोवे ऐन्ड्रोमीडा नेब्युला का ही हिस्सा होंगे।
हमेशा की तरह, बहुत से सवाल उठाए गए और बहुत से सिद्धान्त पेश किये गए।
ये इतने धुंधले क्यों हैं? और क्या ये नोवे हैं भी या नहीं?
ऐन्ड्रोमा नेब्युला इतनी दूर है कि इसके नोवे धुंधले तारों से भी धुंधले है।
यह कैसे संभव है? अगर तुम जो कह रहे हो, वह सत्य है, तो यह नेब्युला ब्रह्माण्ड की बाहरी सीमा से भी दूर स्थित होगी।
यदि यह नेब्युला इतनी दूर है तो फिर यह जान पाना असम्भव है कि यह एक धूल का बादल है या फिर तारों का एक सघन समूह।
ये सब अटकलें हैं। हमें कोई ठोस सबूत चाहिये।
1917 में एडविन हबल, एक अमरीकी खगोलविज्ञानी ने, एन्ड्रोमीडा नेब्युला की गुत्थी सुलझा कर इसे एक विशाल परन्तु सघन, अत्यधिक धुंधले तारों का समूह बताया।
निश्चय ही यह इतनी दूर है कि यह आकाशगंगा का हिस्सा नहीं हो सकती।
क्या यह नेब्युला खुद अपने आप में एक गैलेक्सी ही हो सकती है?
यह अनुमान कि एन्ड्रोमीडा नेब्युला एक अलग सुदूर गैलेक्सी ही है ज्यादातर अवलोकनों से मिलता हुआ पाया गया।
एक बार फिर ब्रह्माण्ड उससे कहीं ज्यादा जटिल साबित हुआ हमने जितना सोचा था
और जितनी हम कल्पना कर पाए थे उससे कहीं अधिक विराट।

मुझे कोई संशय नहीं है कि ऐन्ड्रोमीडा नेब्युला असल में एक गैलैक्सी है, जिस प्रकार आकाश गंगा है।
तो फिर हम इसे नेब्युला कहना बंद क्यों नहीं करते और अब से इसे ऐन्ड्रोमीडा गैलैक्सी क्यों नहीं पुकारते?
उन्नत उपकरणों व विधियों के उपयोग से वैज्ञानिकों ने यह साबित किया कि ऐन्ड्रोमीडा नेब्युला असल में आकाश गंगा की तरह एक गैलैक्सी ही थी, केवल दोगुनी चौड़ी थी।
इसके बाद से उसे ऐन्ड्रोमीडा गैलैक्सी ही कहा जाने लगा।
1952 में अनुमान लगाया गया कि ऐन्ड्रोमीडा गैलैक्सी हमसे 20 लाख प्रकाश वर्ष की हैरतअंगेज दूरी पर स्थित है।
यह इतनी दूरी है कि इसमें २० गैलेक्सियां एक दूसरे से सटा कर रखी जा सकती हैं।
यह तो बहुत ही दूर की कौड़ी है।
क्या इस ब्रह्माण्ड के विस्तार का कोई अंत भी है?
यह ब्रह्माण्ड सचमुच बौखलाने वाला है।
क्या ब्रह्माण्ड में यह सब कुछ ही था? दो गैलैक्सी जो दिमाग चकराने वाले अंतर पर बसीं थीं?
खगोल विज्ञानी इससे बेहतर समझ रखते दिखते थे।
तुम सचमुच सोचती हो कि और भी गैलैक्यिां हैं?
मैं तुम्हें भरोसा दिला सकती हूं कि ब्रह्माण्ड में हमेशा हमारे लिये कुछ और ज्यादा खोजने के लिये रहेगा।
यह भी कोई बड़ी हैरानी की बात नहीं थी कि जल्दी ही कई अन्य गैलैक्यिां खोज ली गई।
मैंने तुमसे क्या कहा था?
यह अविश्वसनीय है। आकाशगंगा, जिसे किसी समय पूरा का पूरा विश्व समझा जाता था, असल में गैलैक्सियों के पूरे झुण्ड में से केवल एक है?
तो हमारी ब्रह्माण्ड की मौजूदा तस्वीर क्या है?
ब्रह्माण्ड में गैलैक्सियां बिखरी पड़ी हैं... लगभग 100,000,000,000 (सौ अरब) की संख्या जो समूहों में बंटी है। हर गैलैक्सी समूह कई हजार गैलैक्सियों से बना है।
एक औसत माप की गैलैक्सी में 100,000,000,000 (सौ अरब) तारे हैं और यह 100,000 प्रकाश वर्ष चौड़ी है।
ब्रह्माण्ड का अनुमानित विस्तार लगभग 200,000,000,000 (दो सौ अरब) प्रकाश वर्ष है।
एक गैलैक्सी में तारों के बीच, तथा गैलैक्सियों के समूह के बीच विशाल खाली स्थान है। असल में ब्रह्माण्ड अधिकतर विराट खाली अंतरिक्ष है। असल में... यह अंतरिक्ष पूरी तरह खाली नहीं है... क्योंकि इसके हर कोने में हल्की रोशनी व्याप्त है।
यह पागल करने जितना बड़ा है। पर क्या ब्रह्माण्ड में यही सब है? हाँ... अभी के लिये यही।
पर कौन जानता है? शायद एक दिन, हम कुछ नया खोज लेंगे, जोकि इस बहु गैलैक्सीय ब्रह्मांड की ज्ञात सीमाओं के परे होगा।

इस विराट विश्व, जिसमें हम बसते हैं, हम कहां पर स्थित हैं? हमारी पृथ्वी, हमारा सौर मण्डल, हमारी आकाश गंगा ब्रह्माण्ड की उन अरबों अरबों गैलैक्सियों के सम्बन्ध में कहां ठहरते हैं?

जो रात्रि आकाश हम देखते हैं उस पर हमारे पड़ोसी तारे छाए हुए है। मैं तो सभी तारों और गैलैक्सियों से बहुत दूर यात्रा करना चाहूंगा ताकि ब्रह्माण्ड को दूर से देख कर एक दृष्टिकोण बना सकूं।

मान लो हमारे पास विश्व में कहीं भी यात्रा कर सकने की क्षमता होती। तुम पृथ्वी से जितनी संभव हो उतनी दूर चले जाओ। तुम क्या देखोगे? धुंधले बिन्दुओं का एक झुण्ड। क्या ये तारे हैं? गैलैक्सियां हैं?

नहीं। हर नन्हा बिन्दु एक गैलैक्सियों का समूह है। एक औसत समूह में एक हजार से ज्यादा गैलैक्यिां हैं। इस विराट अंतरिक्ष में एक अरब से ज्यादा ऐसे समूह बिखरे पड़े हैं।

अब पृथ्वी को खोजना चालू करते हैं। मान लो हम इस तस्वीर का एक छोटा टुकड़ा उस दिशा में से लेते हैं, जिस दिशा में हम आए थे। यदि हम इस टुकड़े को फैला कर देखते हैं तो हमें समूहों में अलग अलग गैलैक्सियां नज़र आती हैं।

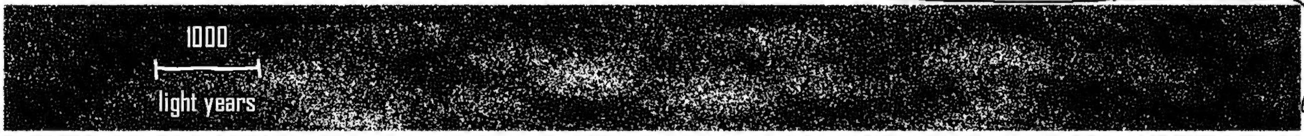
निश्चय ही इन गैलैक्सियों में एक हमारी आकाशगंगा है।

अवश्य। चलो हमारी गैलैक्सी के आसपास के अंतरिक्ष के एक छोटे टुकड़े को और फैला कर देखते हैं।

अहा! यह आकाशगंगा जैसी दिखती है। और जो दूसरी गैलैक्सी वहाँ दिख रही है वह ऐन्ड्रोमीडा ही होगी।

अब समय आ गया है कि हम अपने सूर्य को ढूंढे। फिर से हम आकाशगंगा के उस छोटे से क्षेत्र को फैला कर देखते हैं जिस दिशा में हमारा सौर मंडल है।

यह काफी नहीं है। मुझे खाली तारों का झुण्ड नजर आ रहा है। हमें और ज्यादा फैला कर देखने की जरूरत है।



हम अपने लक्ष्य की ओर एक कदम और बढ़ते हैं। अब हमें अलग अलग तारे साफ नजर आ रहे हैं।

आखिरकार... हमारा सूरज। इसके बगल में जो तारा है वह प्रॉक्सिमा सेन्टॉरी है।

यह अब तक काफी बड़ी यात्रा रही है। फिर भी हमारे घर पहुँचने तक बड़ा रास्ता बाकी है।

एक बार फिर फैलाने पर, हमारी दृष्टि का विस्तार केवल एक तारे तक सिकुड़ जाता है,
क्या तुम्हें पक्का है कि यह हमारा सूर्य ही है? मुझे तो इसकी परिक्रमा करते कोई ग्रह नहीं दीखते।
0.1 light years
6,000 AU
अपने सौर मंडल की संरचना देखने के लिये, हमें और करीब आना होगा।
अब मुझे कुछ बिन्दु दिख रहे हैं। शायद बाहरी ग्रह होंगे।
60 AU
अब लगभग समय आ गया है कि हम उस ग्रह को खोजना शुरू करें जिसे हम अपना घर कहते हैं। चलो सौर मंडल के ठीक अंदर कूद जाते हैं।
वह शनि जैसा लग रहा है और दूसरा बृहस्पति है। वह छोटा सा जरूर मंगल ही होगा... पृथ्वी!
0.6 AU
100,000,000 km
अब जब पृथ्वी पहचान ली है, बाकी यात्रा छोटी सी बात है।
हम काफी ज्यादा अंदर घुस कर देख चुके हैं। फिर भी पृथ्वी एक बिन्दु से ज्यादा नहीं लगती। क्या तुम कभी कल्पना कर सकते थे कि हम अंतरिक्ष में तैरती इस नन्हीं गेंद पर रहते हैं?
1,000,000 km
हम लगभग वहाँ पहुंच गए है। एक बार फिर फैला कर देखते हैं और अब समय आ गया है कि ...
हम उतरने की तैयारी करें।
10,000 km

प्रकाश वर्ष अब वैसी सहज इकाई नहीं रहा जैसा यह एक समय पर था।
वे कहते हैं कि विश्व १०,०००,०००,००० प्रकाश वर्ष चौड़ा है।
तुम्हारा मतलब है १०¹⁰ प्रकाशवर्ष। इसका अर्थ हुआ १०²⁶ मीटर।
Milky Way Daily
Sports Stars
फिर भी प्रकाश वर्ष विश्व की तस्वीर बनाने में एक विशेष भूमिका अदा करता है।
कोई दूरी जो प्रकाश वर्ष में व्यक्त की गई हो, हमें स्पष्ट रूप में बतलाती है कि उस दूरी को पार करने में प्रकाश को कितना समय लगा।
तो जो मैं आज देखता हूं वो ऐन्ड्रोमीडा गैलैक्सी वह है जैसी वो २,०००,००० साल पहले दिखती थी?
बिल्कुल सही। ऐन्ड्रोमीडा से यहाँ तक आने में प्रकाश को इतना ही समय लगता है।
अगर यह ऐसी २,०००,००० साल पहले दिखती थी, तो यह आज कैसी दिखती होगी?
शायद बहुत अलग नहीं। दस लाख सालों में एक गैलैक्सी कुछ खास नहीं बदलती। लेकिन फिर भी निश्चित रुप से जानने का कोई तरीका नहीं है।
हम अंतरिक्ष में जितना गहरे जा कर देखते हैं, उतना ही हम समय में पीछे जा कर खोद रहे हैं।
ये संसार की सबसे ज्यादा सुदूर वस्तुएं हैं।
तब तो ये सबसे ज्यादा पुरानी भी होंगी।
ये सबसे सुदूर वस्तुएं, जिनका नाम **क्वासार** है, शायद एक नए जन्में ब्रह्माण्ड की यूवा गैलैक्सियां हैं,। इनकी विराट दूरी के कारण हम इनका आकार नहीं जानते।
एक चीज तो तय है, ये क्वासार जैसे टेलीस्कोप से दिखते हैं असल में उससे बहुत भिन्न होंगे।
और ये किसी भिन्न स्थान पर भी होंगे। हम आज जो देख रहे हैं वह एक अरब साल पुरानी फिल्म है।
हमारी आज की समझ के अनुसार, जो सबसे सुदूर क्वासार हैं वे संसार की शुरुआत को चिन्हित करते हैं। यदि हम इनसे परे कुछ नहीं देख पाते, तो शायद ऐसा इसलिये है क्योंकि इनसे पहले कुछ था भी नहीं।
यह समझ में आता है, है न?
पर कौन जानता है। हो सकता है एक दिन...
अवश्य ही, अगर खगोल विज्ञान की कहानी ने कोई एक चीज़ हमें सिखाई है, तो... यह कि कोई सिद्धान्त अन्तिम नहीं है।

टेलीस्कोप का विकास

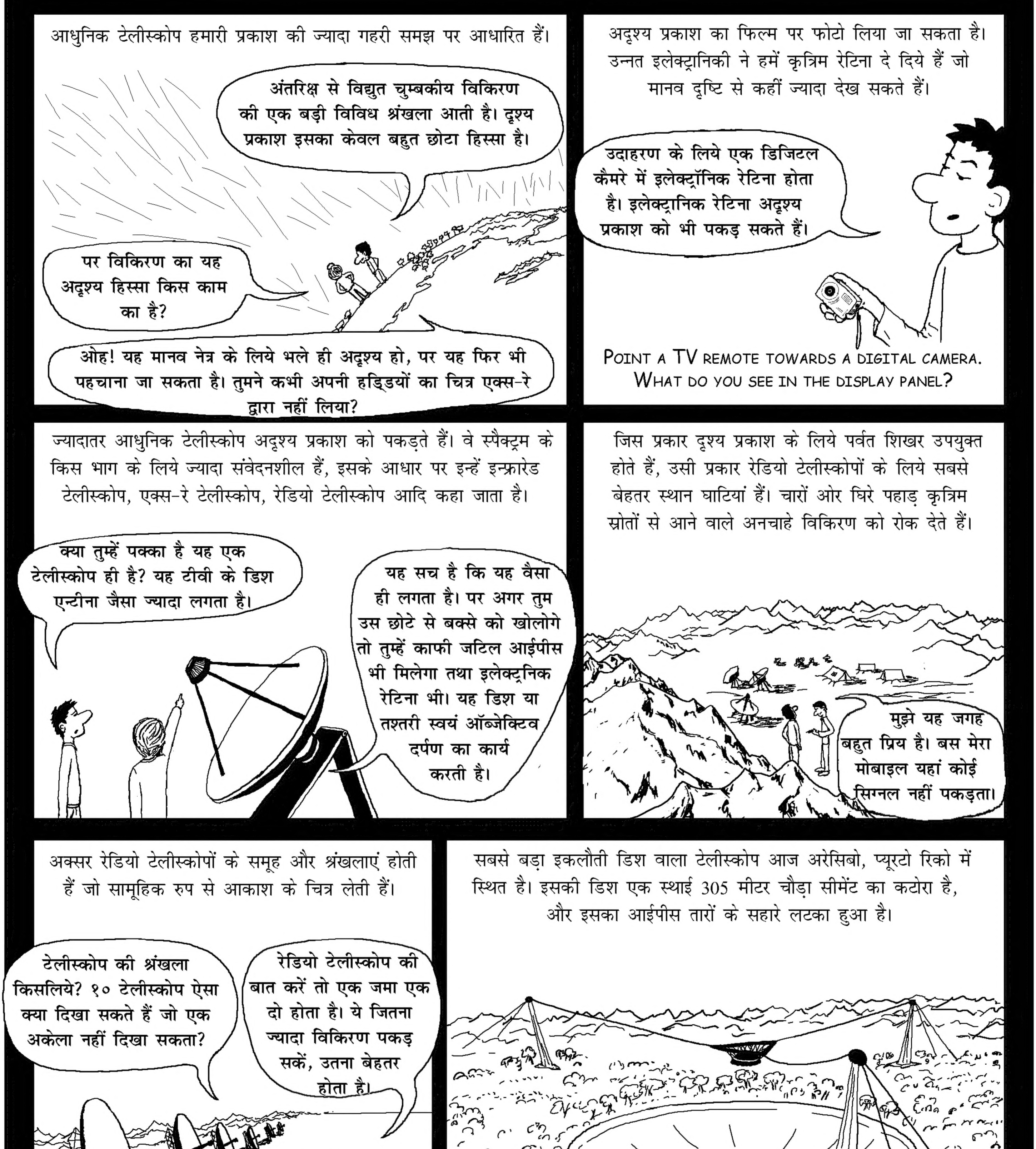
जब से 400 साल पहले गैलीलियो ने टेलीस्कोप का इस्तेमाल किया था, तबसे यह उपकरण खगोल विज्ञान का अभिन्न अंग रहा है।
जो कुछ नंगी आँखो से दिख सकता था, देखा जा चुका है। हमारी इकलौती आशा अब टेलीस्कोप ही है।
मैं वह सब देख चुका हूँ जो वह टेलीस्कोप मुझे दिखा सकता था। मुझे अब इससे ज्यादा शक्तिशाली वाला चाहिये।
खगोलविज्ञान में देखने में बेहतरी का अर्थ था टेलीस्कोप में सुधार।
शुरुआती टेलीस्कोप (जो **गैलीलियन टेलीस्कोप** कहलाते हैं) में दो लैन्स होते थे।
एक बड़ा लैन्स जो ऑबजेक्टिव कहलाता है और एक छोटा जो आईपीस कहलाता है।
Eye piece
Objective
जितना बड़ा ऑब्जेक्टिव होगा, उतना ही ज्यादा प्रकाश वह पकड़ पाएगा और उतनी ही ज्यादा चीजें वह दिखा पाएगा।
IN 1700 WILLIAM HERSCHEL CONSTRUCTED A 40 FEET LONG TELESCOPE. ITS OBJECTIVE HAD A DIAMETER OF 4 FEET.
गैलीलियन टेलीस्कोप में कुछ जन्मजात समस्याएं थीं।
बड़े लैन्सों को घिसना कठिन काम है। वे इतने भारी होते हैं कि वे अपने खुद के भार से लटकने लगते हैं।
मैं एक स्पष्ट प्रतिबिंब क्यों नहीं देख पा रहा हूँ?
और प्रतिबिंब के किनारे हमेशा रंगीन और धुंधले क्यों नज़र आते हैं?
प्रकाश की प्रकृति की गहरी समझ के कारण न्यूटन ने ऑब्जेक्टिक लेन्स को एक वक्र दर्पण से बदल दिया।
काँच का लैन्स प्रकाश के अलग-अलग रंगों को भिन्न-भिन्न कोणों पर मोड़ता है। क्योंकि सफेद प्रकाश कई रंगों से बना है, हमें प्रतिबिम्बों का इन्द्रधनुष हासिल होता है।
एक वक्र दर्पण भी लैन्स जैसा काम ही करता है- प्रकाश को केन्द्रित करने का। पर लैन्स के विपरीत, एक दर्पण सभी रंगों के प्रकाश को एक जितना मोड़ता है।
यही नहीं, दर्पण में एक इकलौती सतह ही घिसाई के लिये होती है। एक लैन्स के मुकाबले वह कहीं ज्यादा हल्का भी होता है। परावर्तन (रिफ्लेक्टिंग) टेलीस्कोप (जिसे न्यूटोनियन टेलीस्कोप के नाम से भी जाना जाता है), अभी तक शौकिया खगोलविज्ञानियों का प्रिय साथी है।
बेहतर टेलीस्कोप बनाना अनेकों चुनौतियों में से एक थी। खगोलविज्ञानियों को धूल से और वायुमण्डल के उतार चढ़ाव से सभी जूझना पड़ता था। जिसके कारण टेलीस्कोप की देखने की क्षमता सीमित हो जाती थी।
चलो अपने टेलीस्कोप को हिमालय पर ले चलें-सारी भीड़भाड़ और व्यवधान से दूर।
क्या आकाश में झाँकने के लिये हमें इस सांसारिक जीवन से ही हाथ धोना पड़ेगा?
आज लगभग सभी प्रेक्षण संस्थान (ऑबज़्रवेटरी) पहाड़ों की चोटियों पर बसे अकेले, दूरदराज स्थान हैं।
आज के अंतरिक्ष के सबसे स्पष्ट चित्र, अंतरिक्ष में विचरण करते टेलीस्कोप से प्राप्त होते हैं।
किटकिटकिटकिट... यहां तो अच्छी खासी ठंड है।
पर बृहस्पति की कसम, क्या नज़ारा है!
कुछ टेलीस्कोप पृथ्वी की परिक्रमा करते हैं, जबकि कुछ दूसरों ने सौर मंडल की यात्रा की है। बहुत मशहूर अंतरिक्ष टेलीस्कोप जैसे हबल और वोएजर ने हमें ब्रह्माण्ड की अनगिनत तस्वीरें भेजी हैं-जो जानकारी तो देती ही हैं, पर साथ ही बेहद मनमोहक सौन्दर्य लिये हैं।

स्पैक्ट्रम

जैसे जैसे टेलीस्कोप और उन्नत होते गए और अंतरिक्ष को ज्यादा, और ज्यादा, बारीकी से दिखाते गए दूसरी ओर एक उतना ही शक्तिशाली विकास हुआ।
देखो! सूर्य की रोशनी कई रंगों से मिलकर बनी है। प्रिज्म इस प्रकाश पुंज को इसके रंगों में तोड़ देता है
और यदि तुम इन रंगों को फिर से मिला दो, तो तुम्हें एक बार फिर वही सफेद प्रकाश मिलता है जिससे तुमने शुरूआत की थी।
न्यूटन की 1666 में की हुई इस खोज के दूरगामी परिणाम थे।
पुराने लोग जानते थे कि क्रिस्टलों से गुजरने वाला प्रकाश एक इंद्रधनुषी पैटर्न देता है पर वे सोचते थे कि यह क्रिस्टल का गुण है जो रंग देता है।
आखिरकार क्रिस्टल जादुई होते है, है न?
लेकिन न्यूटन की व्याख्या के बाद केन्द्र बिन्दु क्रिस्टल के बजाय प्रकाश स्वयं बन गया।
18वीं सदी में लोगों ने पाया कि प्रकाश में रंगों के इंद्रधनुष के अलावा भी बहुत कुछ होता है।
वैज्ञानिकों ने अंधेरे कमरे में प्रयोग किये।
यह तो अजीब बात है। इंद्रधनुष के नज़दीक के अंधेरे हिस्से का भी गर्म प्रभाव है।
अरे, यह तो भुतहा है। इंद्रधनुष का फोटोग्राफ इंद्रधनुष से कहीं ज्यादा चौड़ा है।
मैं समझ गया कि इसका क्या अर्थ है। सूर्य की रोशनी में कुछ ऐसे रंग भी हैं जो इन्सान की आँखों के लिये अदृश्य हैं। प्रिज्म इन्हें भी उसी तरह अलग अलग कर देता है जैसा कि दृश्य रंगों को करता है।
रंगों का यह फैलाव, जिसमें अदृश्य रंग भी शामिल थे, को स्पेक्ट्रम कहा गया।
बैंगनी रंग के आगे के अदृश्य हिस्से को मैं पराबैंगनी (अल्ट्रावायलट) का नाम देता हूं।
और जो अदृश्य भाग लाल से पहले हैं उसे हम अवरक्त (इन्फ्रारेड) कहेंगे।
V I B G Y O R
आधुनिक सिद्धान्त के अनुसार, प्रकाश तरंगों से बना है। अलग अलग रंगों के प्रकाश का तरंग दैर्ध्य (वेवलैंथ) भिन्न भिन्न होता है। दृश्य स्पैक्ट्रम (इन्द्रधनुषी रंग) में लाल रंग की तरंग दैर्ध्य सबसे लम्बी और बैंगनी की सबसे छोटी होती है। पराबैंगनी की तरं दैध्य इससे भी छोटी होती है। अवरक्त किरणों की तरंग दैर्ध्य लाल से भी लम्बी होती है।
आज हम जानते हैं कि विश्व में प्रकाश का पूरा स्पैक्ट्रम अवरक्त और पराबैंगनी किरणों के काफी आगे तक फैला हुआ है। दृश्य किरणें इसका केवल एक छोटा सा हिस्सा हैं।
इंद्रधनुष के रंगों की तरह, अदृश्य स्पैक्ट्रम के अलग अलग हिस्सों को भी नाम दिये गए है-एक्स किरणें, गामा किरणें, माइक्रो वेव, रेडियो वेव आदि।

1835 में ऑगस्टे कोमटे, एक फ्राँसीसी दार्शनिक ने कहा....
इन्सान कभी भी नहीं बता पाएंगे कि तारे किस चीज़ से बने हैं!
बहुत ही जल्दी वह गलत सिद्ध होने वाला था।
19वीं सदी में, प्रयोगों की एक श्रृंखला ने प्रकाश के स्पैक्ट्रम के अध्ययन को खगोल विज्ञान के केन्द्र में ला खड़ा किया।
यदि मैं इस मोमबत्ती के प्रकाश को प्रिज्म से गुजारूं तो इससे बनने वाला इंद्रधनुष कैसा दिखेगा?
और इस सफेद तपती हुई लोहे की छड़ से आने वाले प्रकाश का?
बहुत से अलग अलग स्रोतों से निकलने वाले प्रकाश की पड़ताल की गई।
वैज्ञानिक यह जानकर बहुत उत्साहित हुए कि भिन्न भिन्न पदार्थ गर्म होने पर अलग प्रकार के स्पैक्ट्रम छोड़ते हैं। काफी अध्ययन के बाद वे केवल स्पैक्ट्रम को देखकर ही बता सकते थे कि रोशनी किस पदार्थ से आ रही है।
यह एक तिहाई सोने और दो तिहाई चाँदी जैसा लग रहा है। तुम्हारा क्या ख्याल है?
खगोलविज्ञानी इस नई क्षमता से बहुत हर्षित हुए।
यह तो बहुत उत्साहजनक है। हम तारों के स्पेक्ट्रम को क्यों न देखें? हो सकता है कि हम बता पाएं कि उनकी चमक के लिये कौन से तत्व जिम्मेवार हैं।
जल्दी ही यह उत्साह गहरे विश्वास में बदल गया।
यदि हम सूर्य तक पहुंच सकते और उसका एक नन्हा टुकड़ा उसकी बनावट का विश्लेषण करने के लिये प्रयोगशाला में ला पाते...
तो भी हम इससे ज्यादा संभवतः कुछ नहीं जान पाते जो कि सौर स्पैक्ट्रम हमें दर्शा देता है।
हीलियम वह तत्व था (जो ऊँचे उठने वाले गुब्बारों में इस्तेमाल होता है) जो सबसे पहले सौर स्पैक्ट्रम में पहचाना गया। बाद में वह प्रयोगशाला में अलग किया जा सका।
ग्रहों, सितारों नेब्युला, गैलैक्सी आदि के स्पैक्ट्रमों का बहुत बारीकी से विश्लेषण किया गया। इससे कई सिद्धान्त निकले जो बताते थे कि तारे व नेब्युला किस चीज से बने हैं और किस प्रकार पदार्थ जलकर रोशनी पैदा करता है।
स्पैक्ट्रोस्कोपी ने ब्रह्माण्ड के ज्यामितीय ढाँचे से सारा ध्यान हटाकर उसमें होने वाली भौतिक क्रियाओं पर ध्यान केन्द्रित कर दिया।
न्यूटन ने वह भौतिकी स्थापित की थी जो यह बताती थी कि किस प्रकार खगोलीय पिंड अंतरिक्ष में विचरते थे और किस प्रकार एक दूसरे से क्रिया करते थे। स्पैक्ट्रोस्कोमी ने यह संभव बनाया कि हर खगोलीय वस्तु के अंदर होने वाले भौतिक क्रिया-कलापों का अध्ययन किया जा सके।
आज खगोल विज्ञान भौतिकी की ही एक शाखा माना जाता है।

आधुनिक टेलीस्कोप



आधुनिक टेलीस्कोप हमारी प्रकाश की ज्यादा गहरी समझ पर आधारित हैं।
अंतरिक्ष से विद्युत चुम्बकीय विकिरण की एक बड़ी विविध श्रंखला आती है। दृश्य प्रकाश इसका केवल बहुत छोटा हिस्सा है।
पर विकिरण का यह अदृश्य हिस्सा किस काम का है?
ओह! यह मानव नेत्र के लिये भले ही अदृश्य हो, पर यह फिर भी पहचाना जा सकता है। तुमने कभी अपनी हड्डियों का चित्र एक्स-रे द्वारा नहीं लिया?
अदृश्य प्रकाश का फिल्म पर फोटो लिया जा सकता है। उन्नत इलेक्ट्रानिकी ने हमें कृत्रिम रेटिना दे दिये हैं जो मानव दृष्टि से कहीं ज्यादा देख सकते हैं।
उदाहरण के लिये एक डिजिटल कैमरे में इलेक्ट्रॉनिक रेटिना होता है। इलेक्ट्रानिक रेटिना अदृश्य प्रकाश को भी पकड़ सकते हैं।
POINT A TV REMOTE TOWARDS A DIGITAL CAMERA. WHAT DO YOU SEE IN THE DISPLAY PANEL?
ज्यादातर आधुनिक टेलीस्कोप अदृश्य प्रकाश को पकड़ते हैं। वे स्पैक्ट्रम के किस भाग के लिये ज्यादा संवेदनशील हैं, इसके आधार पर इन्हें इन्फ्रारेड टेलीस्कोप, एक्स-रे टेलीस्कोप, रेडियो टेलीस्कोप आदि कहा जाता है।
क्या तुम्हें पक्का है यह एक टेलीस्कोप ही है? यह टीवी के डिश एन्टीना जैसा ज्यादा लगता है।
यह सच है कि यह वैसा ही लगता है। पर अगर तुम उस छोटे से बक्से को खोलोगे तो तुम्हें काफी जटिल आईपीस भी मिलेगा तथा इलेक्ट्रनिक रेटिना भी। यह डिश या तश्तरी स्वयं ऑब्जेक्टिव दर्पण का कार्य करती है।
जिस प्रकार दृश्य प्रकाश के लिये पर्वत शिखर उपयुक्त होते हैं, उसी प्रकार रेडियो टेलीस्कोपों के लिये सबसे बेहतर स्थान घाटियां हैं। चारों ओर घिरे पहाड़ कृत्रिम स्रोतों से आने वाले अनचाहे विकिरण को रोक देते हैं।
मुझे यह जगह बहुत प्रिय है। बस मेरा मोबाइल यहां कोई सिग्नल नहीं पकड़ता।
अक्सर रेडियो टेलीस्कोपों के समूह और श्रंखलाएं होती हैं जो सामूहिक रुप से आकाश के चित्र लेती हैं।
टेलीस्कोप की श्रंखला किसलिये? १० टेलीस्कोप ऐसा क्या दिखा सकते हैं जो एक अकेला नहीं दिखा सकता?
रेडियो टेलीस्कोप की बात करें तो एक जमा एक दो होता है। ये जितना ज्यादा विकिरण पकड़ सकें, उतना बेहतर होता है।
सबसे बड़ा इकलौती डिश वाला टेलीस्कोप आज अरेसिबो, प्यूरटो रिको में स्थित है। इसकी डिश एक स्थाई 305 मीटर चौड़ा सीमेंट का कटोरा है, और इसका आईपीस तारों के सहारे लटका हुआ है।

हम यह मानते हैं कि हमने अपने ब्रह्माण्ड की सबसे दूर और सबसे पुरातन वस्तुओं को देख लिया है। अगर यह विश्वास सही माना जाय, तो क्या कुछ ऐसा बचा है जिसे खोजना बाकी है?
बेशक ऐसा बहुत कुछ है। यहां तक कि हमारा सबसे नज़दीक पड़ोसी भी बहुत कम ही परखा गया है।
वास्तव में अभी अनगिनत चीजें हैं जिन्हें खोजना, जांचना अभी बाकी है। वर्तमान अंतरिक्ष प्रोग्राम के बहुत से लक्ष्य हैं।
सबसे पहला और प्रमुख उद्देश्य है, हमारी उत्सुकता को शांत करना। यह जान पाना कि वहां पर क्या कुछ है।
इसके साथ ही हमारे कई व्यवहारिक लक्ष्य भी हैं।
एक बड़ा लक्ष्य है पृथ्वी पर जीवन को मिट जाने से बचा पाना।
एक सूक्ष्म सी संभावना है कि एक विशालकाय उल्का पिंड किसी दिन पृथ्वी से टकरा जाएगा। इससे पृथ्वी पर सारा जीवन नष्ट हो सकता है।
हम इस प्रकार की घटना का काफी पहले से पता लगा सकते हैं और इस प्रकार की उल्का के पथ को बदल कर दूर हटा सकते हैं।
यह भी संभव है कि हम अपने ग्रह को जीने लायक न छोड़ें। कुछ लोग सोचते हैं कि इन्सान की जाति केवल तभी अपने आप को बचा सकती है जब हम अंतरिक्ष में दूसरी बस्तियां बसा लें।
यह आसान नहीं था, फिर भी यह करना जरूरी था।
और वह भी समय रहते!
यह बहुत बचकानी और दंभी सोच होगी अगर हम यह मानें कि केवल धरती पर ही जीवन है। लेकिन अपरिचित जीवन से सामना करने के लिये हो सकता है हमें बहुत दूर तक यात्रा करनी पड़े।
हमने संपर्क साध लिया है!... दोहराता हूँ... हमने संपर्क साध लिया है.... ओवर
ज्ग्रूफ्ताह .... मोरेई ज्ग्रूफ्ताह... फिन्नन!
अंतरिक्ष में सुदूर यात्रा, दूसरे प्राणी स्वरूपों से मिल पाना और ब्रह्माण्ड के विषय में और जानना हमारी सोच को और विस्तार देगा। हो सकता है कि यह हमें अपने पूर्वाग्रहों, क्षुद्रता और लालच को जीतने में मदद करे और हम अपने को एक पृथ्वी, एक जाति समझ सकें।
हम पृथ्वी वासी हैं। आपसे मिलना बहुत अच्छा लग रहा है।
रेग, तुम सही थे। हमारे ग्रह से बाहर भी जीवन है।
ये मित्रवत् मालूम होते हैं पर ये क्या कह रहे हैं, कुछ समझ नहीं आता।

समाप्त